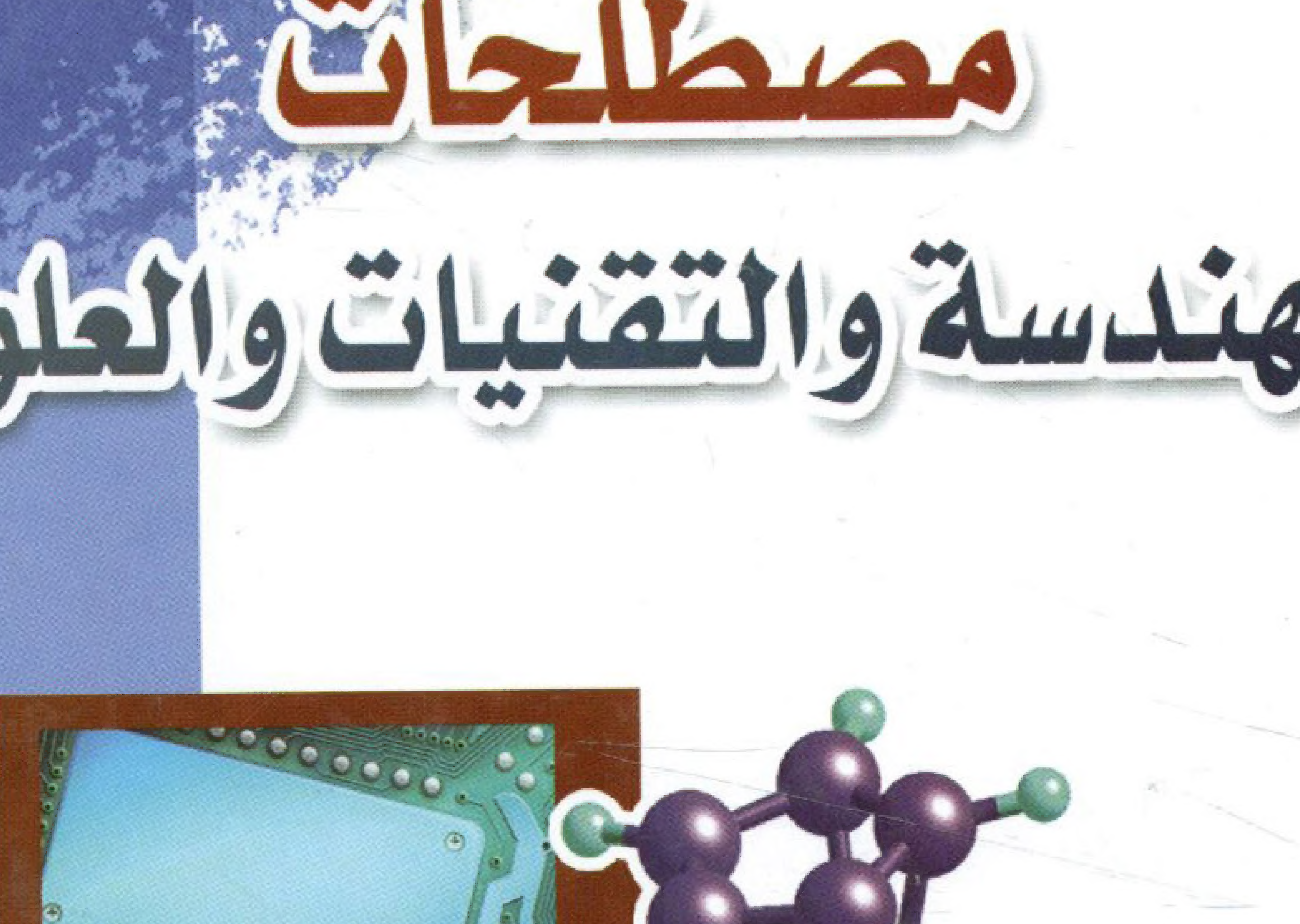
د. م. فرح خليل السمرة

معجم مصطلحات الهندسة والتقنيات والعلوم



دار أسامة
للنشر والتوزيع

مكتبة
لسان العرب
أ. علاء الدين شوقي
رابط بديل
lisanerab.com
www.lisanarb.com

معجم

مصطلحات

الهندسة والتقنيات والعلوم

أول معجم شامل بكل مصطلحات الهندسة والتقنيات والعلوم المتداولة وتعريفاتها

تأليف

د.م. فرح خليل السملة

الناشر

دار أسامة للنشر و التوزيع

الأردن – عمان

- هاتف : 5658252 – 5658253
- فاكس : 5658254
- العنوان : العبدلي- مقابل البنك العربي

ص. ب : 141781

Email: darosama@orange.jo

www.darosama.net

حقوق الطبع محفوظة

الطبعة الأولى

2013م

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية

(2012/6/2251)

ISPN: 978-9957-22-525-4

المقدمة:

عرفت الجمعية الأمريكية للتعليم الهندسي في تقريرها الأول الصادر 1965م بأن: "الهندسة هي الدراسة للمعلومات الرياضية والعلوم الطبيعية المكتسبة بالدراسة والتجربة والخبرة ويمكن تطبيقها بحكم للوصول إلى أحسن طريقة لاستخدام المواد والقوى الطبيعية اقتصادياً لخدمة الإنسان".

نشأت الهندسة في مصر والعراق، نتيجة لبحث الإنسان عن قواعد عملية تمكنه من قياس الزوايا وحساب مساحات بعض الأشكال وحجومها التي استخدمت لمسح الأراضي وتشيد الأبنية وبناء الأهرامات، ولقد تطورت هذه القواعد بالتجربة وبعد زمن وضعت هذه القواعد في صيغ عامة، وانتقلت معارفهم بعد ذلك إلى بلاد اليونان وتوصل الإغريق لمفهوم النظرية وتوصلوا لـ (الطريقة الاستنتاجية)، واشتغل العرب والهنود بتطوير علم الهندسة حتى القرن الخامس عشر وأنشأوا علم الجبر والمثلثات.

تنقسم الهندسة لفرعين أساسيين:

- الهندسة التطبيقية: وهي تطبيق العلم لتوفير الحاجات الهندسية من خلال تطبيق للعلوم النظرية والتطبيقية (الفيزياء، الكيمياء، الرياضيات، الأحياء) وذلك من خلال الدراسة والتصميم، ومن فروعها: (هندسة كهربائية، إلكترونية، الاتصالات، ميكانيكية، معمارية، مدنية، زراعية، مساحة، بيئية، نقل، بحرية، جيوتكنيكية، كيميائية، صناعية، البترول، الطيران والفضاء، الصواريخ، النظم والشبكات، الطبية الحيوية، الوراثة، المعادن والمناجم، الطاقة).
- الهندسة الرياضية: وهي تتعامل مع العلاقات الماكينة (التحيزية) وما يمكن تشكيله من ارتباط نقاط الفراغ لتعطي ما يدعى بالأشكال الهندسية، في البداية كان الرياضيات فرعان فقط: دراسة الأعداد والهندسة، لكن التطورات اللاحقة للرياضيات أدت لوجود فروع متعددة أهمها الجبر لحقها عملية تداخل

الهندسة مع الجبر، ومن أنواع الهندسة الرياضية: (هندسة مطلقة، جبرية، تحليلية، ثنائية الانطلاق، توافقية، حاسوبية، تشكيلية، اتصال، وصفية، تفاضلية، رقمية، مسافة، قطعية، زائدة، تناقصية، محدودة، الأعداد، تكاملية، عكسية، عددية، قطعية، مستوية، كروية، اصطناعية، تحويلية).

وتتمثل أهمية الهندسة بالنسبة للفرد الدارس لها في: تنمية ملكة التفكير المنطقي، فحل المسائل الهندسية أقوى تدريب للعقل على استنتاج الحلول المنطقية المرتبة، وتطبيقها نفسها في باقي مجالات الحياة، وكذلك التفكير الإبداعي حيث تساعد بعض المواد الهندسية على تنمية التخيل والابتكار، كما تساعد دراسة الهندسة على الإلمام بشتى مجالات العلم، فمواد الهندسة تتنوع بين (كيمياء وفيزياء ورياضيات و...الخ).

وبالنسبة للمجتمع فإن علم الهندسة هو علم المستقبل، فالتكنولوجيات الحديثة وثورة الاتصالات والإلكترونيات المعقدة هي نتاج فكر مهندسو العالم، كما أن علم الهندسة بتشعبه الكبير (مدنية، كهربية، كيميائية...) يدخل في جميع مجالات الحياة، فهو أساس الحضارة والمدنية والتقدم.

ومن المعلوم أنه كلما تقدمت العلوم البشرية واتسعت يزداد خضم المصطلحات العلمية اتساعاً، ومحاولة جمع جميع المصطلحات العربية في علم من العلوم أمر شاق، لأنها تزداد مع ازدياد تقدم الأمة وتنمو مع نمو معارفها التقنية والعلمية، ولذا فقد سعينا في إصدار هذا المعجم الشامل لمصطلحات الهندسة والتقنيات والعلوم ليكون شاملاً لكل المهندسين في مشرق العالم العربي ومغربه، وعوناً لهم على الإلمام بما أعطته الحضارة المعاصرة من مصطلحات علمية هندسية كي يتمكنوا بواسطتها من التفاعل مع حركة العلم والتقنية ويواكبوا وتائر التقدم على أكمل وجه.

حرف الألف

الأثاث: Furniture

الأثاث Furniture في اللغة: كل ما يكتسيه المرء ويستعمله في الغطاء والوطاء، أو هو كل ما وجد من متاع، ولا واحد له، والمتاع كل ما ينتفع به من الحوائج، أو هو كل ما ينتفع به من عروض الدنيا كثيرها وقليلها سوى الفضة والذهب.

والأثاث في العرف كل الحوائج الثابتة والقابلة للتحريك والنقل التي تفيد الإنسان في مسكنه وأماكن عمله والأماكن العامة، وتلبي حاجاته اليومية، من جلوس ونوم وراحة، وتحفظ أشياءه[1].

والأثاث عنصر هام ومتمم للعمارة وملازماً لها، ويعتمد تصميمه كثيراً على وظيفته وعلى الفراغ الذي سيوضع فيه وتناسقه مع المكان، وقد نُفذت بعض قطع الأثاث في العصور المختلفة بأسلوب جميل ومهارة فائقة فعدت من الأعمال الفنية البديعة واستحقت أن تحتل مكانها اللائق في المتاحف لكونها قطعاً فنية، وفي القرن العشرين توصل عدد من المهندسين والمصممين وصناع الأثاث إلى صنع قطع أثاث فنية روعيت فيها الناحية الجمالية على حساب الوظيفة إن لم تكن الوظيفة قد أهملت تماماً فيها.

يتألف الأثاث عادة من قطع أساسية وقطع مخصصة لوظائف معينة، وقد يكون الأثاث شبه ثابت أو قابلاً للتحريك والنقل، وتصنف قطع الأثاث بحسب

---

(1) محمد وليد الجلاد- عبدو كسحوت، الموسوعة العربية، المجلد الأول، ص296، (بتصرف).

الوظيفة إلى قطع معدة للراحة والاستناد والحمل، كالسُرر والفُرُش والأرائك والكراسي والمقاعد والطاولات، وقطع معدة للحفظ والخَزن كالصناديق والتخوت والأصونة والخزائن والمكتبات وأما الستائر والأواني والأغطية والملاءات والمرايا والمصابيح وما يماثلها فهي تجهيزات ومفروشات تزيينية ومكملة ولا تعد من الأثاث، وأما القطع الثابتة تماماً والمثبتة على جدران المسكن فتعد جزءاً من متممات الغرفة وتزيينها كالخزائن الجدارية والمكتبات والزوايا الثابتة.

احتاج الإنسان إلى الأثاث منذ أقدم الأزمنة وبقيت قطع الأثاث الرئيسية متشابهة في أشكالها وأنواعها ووظائفها على مر العصور، وقد طورت الحضارات المختلفة أنواعاً كثيرة من طرز الأثاث وأنماطه والمواد والتقنيات المستعملة في صناعته، وكان لأوروبا شأن كبير في هذا المجال وخاصة في القرون الأخيرة، وعلى العكس من ذلك فإن بعض أجزاء آسيا لم تستعمل المقاعد والكراسي والسرر، كما لم تستعمل بعض الأثاث المعد لحفظ الأشياء، لأن الناس في تلك المناطق اعتادوا النوم والجلوس والراحة على أرض أو أرضية فرشت بالبسط والزرابي والسجاد والحشيات وغيرها وخاصة في البوادي والمناطق الصحراوية، فالأثاث في هذه الحضارات يختلف كثيراً عن الأثاث العربي الإسلامي وكان تطوره مغايراً لخط تطور الحضارات الأخرى، وعلى كل حال فقد شاع اليوم استعمال الأثاث التقليدي الغربي حتى عمّ العالم، وكثيراً ما يعدل هذا الأثاث ويكيف تمشياً مع التقاليد الوطنية والمحلية.

المواد المستعملة في صناعة الأثاث:

تستعمل في صناعة الأثاث مواد مختلفة تتبدل تقنيات معالجتها وتتطور بتطور الإنسان، بدءاً من الحجر والطين إلى الخشب والمعدن بأنواعه إضافة إلى الزجاج والألياف الزجاجية واللدائن والعظم والعاج والصدف والجلود وأنواع الطلاء المختلفة.

الخشب:

يعد الخشب أكثر المواد الأولية انتشاراً، ولعله أكثرها مواءمة، في صناعة الأثاث، وفي الطبيعة أنواع لا حصر لها من الأخشاب المختلفة التي يمكن استعمالها

لهذه الغاية، ولكن بعض أنواع الخشب اختصت بصفات وميزات طبيعية وضعتها في المرتبة الأولى عند مصممي الأثاث والمهندسين والحرفيين.

والخشب مادة متوافرة في الطبيعة ويمكن التعامل معها بأشكال مختلفة، إذ يمكن صبغ الخشب وطليه وتمويهه ولصقه وتشكيله باليد أو بأدوات النجارة والحفر والقطع والتطعيم، كما يمكن حني الخشب وليه إذا ما سخن بالبخار للحصول على الشكل المطلوب، وهو يحافظ على شكله هذا حين يبرد، وتوفر عروق الخشب وحلقاته السنوية بنية متعددة الصفات وتمنحه سطحاً طبيعي الزخرفة يمكن معه تشكيل نماذج مختلفة بترتيب لصق الأجزاء الخشبية وفي أوضاع متقابلة أو متعاكسة أو باستعمال أنواع مختلفة من الخشب.

تتنوع ألوان الخشب بين الأبيض والأصفر والأحمر والبني والرمادي والأسود، بين هذه الألوان تدرجات لونية لا حصر لها، ولبعض أنواع الخشب روائح عطرية متميزة، وقد عرف صناع الأثاث هذه الخصائص منذ القديم واستثمروها - وخاصة صناع المشرق العربي والشرق الأقصى - والخشب مديد العمر إذا ما حفظ في شروط مناسبة، وقد عثر على قطع من أثاث من حضارات موغلة في القدم، وما تزال في حالة مقبولة.

أما أكثر أنواع الخشب استعمالاً فهو السنديان والبلوط والجوز والزان والعرعر والخشب الأحمر والوردي إضافة إلى الأخشاب الثمينة مثل الأبنوس والماهوغاني وغيرهما.

وقشر الخشب veneer رقاقة من خشب خاص عالي الجودة، تنشر وتقطع بمناشير خاصة يدوية أو ميكانيكية، وتلصق على هيكل أو أساس خشبي من نوعية أدنى فتعطيه مظهراً جميلاً وسطحاً أملساً، وإكساء قطع الأثاث قشر الخشب معروف منذ العصور القديمة ولكنه لم يستغل استغلالاً كاملاً حتى أوائل القرن العشرين.

أما ألواح الخشب المضغوطة فتصنع من بقايا الأخشاب المنجورة والتالفة بعد تقطيعها و"فرمها" نثرات صغيرة وعجنها بالغراء ثم سكبها في قوالب تحت الضغط

حتى تجف، وهي تنتج بثخانات مختلفة وتستعمل في صنع سطوح قطع الأثاث بعد إكسائها القشرة، ولكنها لا تتمتع بمتانة الخشب الطبيعي أو متانة ألواح الخشب المصمتة أو المعاكسة أو المصفحة.

تصنع ألواح الخشب المعاكس (البلاكيه) playwood من عدة طبقات من قشر الخشب تلصق إحداها فوق الأخرى بطريقة متعاكسة تحت الضغط، وتستعمل هذه الألواح في صنع أكثر أنواع الأثاث وخاصة الأجزاء الخلفية منها، كما تستعمل الثخينة منها في صنع الكراسي والمقاعد وجلساتها بعد تشكيلها وحنيها وضغطها في وسط من البخار الساخن.

وأما ألواح الخشب المصفح (اللاتيه) laminated boards فتتألف من قدد خشبية ضيقة تلصق الواحدة بجانب الأخرى ثم تصفح من الوجهين برقائق من الخشب أو ألواح الخشب المعاكس تحت ضغط معين وبذلك يتم الحصول على لوح مصفح بالثخانة المرغوب فيها، وتستعمل الألواح المصفحة في صناعة سطوح الخزائن والمناضد والأسرّة والأبواب وغيرها.

وتتمتع ألواح الخشب المصفحة بمتانة متجانسة طولياً وعرضياً وقطرياً وهي غير قابلة للانكماش أو اللّي كما هو حال الخشب الطبيعي، ومثلها في ذلك ألواح الألياف الخشبية fiber board التي تصنع من ألياف الخشب المضغوطة بعد معالجتها بالمواد الكيميائية وعجنها بالغراء.

المعادن:

استخدم الإنسان المعادن في صنع أدواته وحوائجه منذ أن تعلم صهرها وسكها وطرقها، واستعمال المعادن في صنع الأثاث وزخرفته قديم جداً، وقد عثر في مقبرة توت عنخ آمون على قطع أثاث فاخرة منها سرير عرش وكرسي مزيّنان بالذهب (ق14 ق.م)، واستعمل اليونان البرونز والحديد والفضة في صنع قطع الأثاث وزخرفتها، وعثر في رماد مدينتي بومبي Pompeii وهيراكولانيوم Heraculanneum في إيطاليا على طاولات لها أطر معدنية قابلة للطي، وعلى أسرّة

مصنوعة من المعدن كلها أو بعض أجزائها، واستعمل الكرسي المعدني في مناسبات خاصة في العصور الوسطى في أوروبا (كرسي عرش ملك الفرنجة دغابرت الأول Dagaborti من القرن السابع للميلاد)، وفي دولة بنين في أفريقيا كرسي من البرونز خاص بالبلاط جعلت جلسته على شكل سمكتين مجدولتين، وثمة نماذج كثيرة من أثاث فضي أو مغلف بالفضة أو الذهب المطرق.

ومنذ القرن الثامن عشر شاعت صناعة الأثاث الحديدي، وصارت السرر المعدنية والصناديق المقواة بالمعدن في متناول الناس، وازداد الطلب عليها في المعسكرات والمخيمات لسهولة طيها وفكها وتركيبها، وأشهر مثال عليها سرير نابليون بونابرت في جزيرة هيلانة.

وكانت السرر الحديدية تزين بزخارف وقطع نحاسية أو برونزية، كما استخدم الحديد في صناعة مقاعد الحدائق والكراسي التي توضع في العراء لمقاومته عوامل الطبيعة، وخاصة بعد طليه بطبقة من الدهان، وتوصل الألمان في العشرينات من القرن العشرين إلى استعمال الفولاذ في صنع الأثاث وصنع النوابض والأنابيب الفولاذية المطلية بالكروم وتطويعها في صناعة الأثاث حتى غدت الأنابيب الفولاذية رمزاً لمذهب "الوظيفية" في العمارة (أن يتناسب تصميم أجزاء البناء وأثاثه مع الوظيفة المعدة لها)، ومنذ الثلاثينات من القرن العشرين شاع استعمال الألمنيوم في هذه الصناعة لمواصفاته الجيدة.

يستخدم المعدن، وخاصة الحديد والنحاس والألمنيوم، في صنع القطع الكاملة بتشكيلها عن طريق السكب والثني والطلي واللحام والقطع وغير ذلك، كما يستعمل في صنع الأقفال والحواضن والمفصلات وحوامل القطع وقواعدها وفي التزيين والزخرفة، وكانت صناديق حفظ الثياب تدعم بأحزمة من حديد تزيد متانتها وكثيراً ما كانت تزين نهاياتها بزخارف، وكانت المكتبات في عصر النهضة تزخرف بحواضن وقواعد من أُشابات معدنية أساسها البرونز أو النحاس أو القصدير، وبرع الفرنسيون في تشكيل حواضن مزخرفة من المعدن تركب على الزوايا والأدراج والأرجل من أجل الحماية والتقوية.

المواد الأخرى:

يعد الزجاج من المواد الثانوية المستعملة في صناعة الأثاث وزخرفته، وتستعمل المرايا والبلور العادي والملون للتزيين وإضفاء الجمال على القطع ووقايتها، وقد برع الإيطاليون في صناعة الأثاث المزجج المتعدد الألوان، واستعمل العاج والعظم والصدف والذَّبْل (جلد السلحفاة الكبيرة أو عظم ظهرها) مواد للتطعيم والتنزيل والترصيع في صناعة الأثاث، وشاع في القرن السابع عشر استخدام العاج في تطعيم الأثاث الفاخر، واستخدم عظم قوقعة السلحفاة للتنزيل النفيس فوق أرضية من الفضة، كما استخدمت أصداف القواقع وعرق اللؤلؤ لتطعيم الخشب، واستعمل الجص المعجون بالغراء لتشكيل الزخارف وخاصة في الأثاث الإسلامي الشرقي، كما صنعت منها "شمسات" لثقوب المفاتيح وأغطية لها.

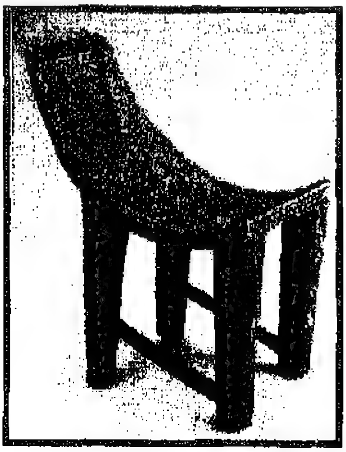
وأما الرخام والجص والخزف فاستعمل في مجالات معينة، وخاصة في تغطية سطوح "القنصليات" والمكاتب والتخوت ذوات الأدراج والمغاسل وطاولات الزينة، كما استخدمت العجينة الورقية (عجينة الورق مع الغراء ومواد أخرى) في صنع بعض قطع الأثاث في إنكلترا في العصر الفيكتوري.

وأما اللدائن بأنواعها والألياف النباتية المعالجة والألياف الزجاجية فقد شاع استعمالها بعيد الحرب العالمية الثانية وعلى نطاق واسع وهي تستعمل في صنع القطع المقولبة (المشكلة في قالب).

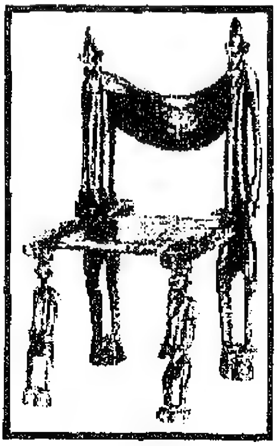
الأثاث في التاريخ:

يرجع ظهور الأثاث إلى عصر ما قبل التاريخ مع انتقال المجتمعات الأولى إلى الاستقرار، عندما اتخذ الإنسان مسكنه في الكهوف والمغاور وفوق مجاري الأنهار، وافترش جذوع الأشجار والأغصان وصنع منها مصاطب وفرشاً لراحته ونومه، وكان تطور الأثاث سريعاً عند المجتمعات التي احتاجت إلى مساكن مغلقة أو مسقوفة بسبب الأحوال المناخية، وكان أسهل أسلوب لتوفير مثل هذا الأثاث رصف الحجارة في مداميك وتسوية سطوحها وترك فراغات بينها (كوات) لتستعمل خزائن لحفظ الأشياء، أو تنضيد

الأغصان وأوراق الأشجار للجلوس والنوم، ثم تبينت الحاجة إلى صنع قطع أثاث منفصلة سهلة التحريك والنقل، وساعد على ذلك توافر مواد تتمتع بالمتانة وخفة الوزن وسهولة التعامل معها، وهذا ما تثبته الأرجوحات الشبكية والحصر والحشيات المملوءة بالقش والمقاعد الخشبية الصغيرة التي لا مساند لها ومساند الرأس والرقبة والصناديق التي تستعملها القبائل البدائية في أفريقيا وأوقيانوسيا وأمريكا حتى اليوم، وكانت الأقوام البدائية تختار لأثاثها أكثر المواد مواءمة للشكل المطلوب بعد تشذيبها بأدوات حجرية أو معدنية، ومع تطور النظم الاجتماعية والمعيشية وتطور أدوات التصنيع وأساليبه ظهرت أنماط جديدة من الأثاث تتوافق مع حاجات الإنسان، وكان أثاث أكثر المجتمعات الرعوية والزراعية في أفريقيا جنوبي الصحراء الكبرى وفي مناطق أعالي النيل يتألف من قطع بسيطة قليلة الزخارف سهلة الحمل، وكثير منها منحوت من قطعة خشب واحدة أو من الحجر، وكانت أجزاء قطع الأثاث تنحت غالباً بأشكال هندسية أو على هيئة أعضاء الحيوانات، ومن ذلك مثلاً مسند رقبة خشبي يعرف باسم "تلم" Tellem في دولة مالي منحوت على هيئة سلحفاة، وهي حيوان مقدس هناك، وكثيراً ما يكون للكراسي والمقاعد وغيرها من القطع المعدة للجلوس معنى شعائري أو قيمة شخصية، وهناك كراسي عروش كثيرة في أفريقيا، بعضها مستوحى من أنماط الأثاث الأوروبي، مخصصة للزعماء، كما هو شأن مقاعد زعماء القبائل اللوبا Luba في زائير، ولهذه الكراسي قوائم نحتت على هيئة إنسان حامل caryatid، أو قوائم حيوان.



كرسي نغومبا (زائير) من الخشب ومسامير - ساحل العاج



كرسي عرش من الخشب المحفور النحاس خاص بالزعماء

كرسي عرش (الكاميرون) من الخشب والخرز

أما السُّرُر فكانت مجرد حشيات متواضعة من العشب الجاف وجلود الحيوانات وغيرها، ويستعمل الماليزيون البدائيون سريراً مسطحاً من لوح خشبي محمول على أربع دعامات ذوات شعبتين، من جذوع الشجر، وكانت السرر تطلى أحياناً بالألوان الأسود والأحمر والأبيض، والسرر إن وجدت تتألف أساساً من أغصان نحيلة متشابكة تستند إلى ركائز ذوات شعبتين، كما استعملت السطوح الحجرية للنوم بعد فرشها بجلود الحيوانات.

واستعملت أيضاً الكراسي والمقاعد المصنوعة من القصب المجدول ومقاعد الحجر المحمولة على قواعد مخروطية، كما استعملت الصناديق المدهونة والأرائك المصنوعة من خشب الأرز المزينة بأشكال حيوانية.

كانت مناطق الرافدين وبلاد الشام مصدر إلهام لثلاثة أنماط خلدها الأثاث الكلاسيكي القديم في اليونان وروما، وانتقلت منها إلى بقية الحضارات الغربية، وأول هذه الأنماط زخرفة قوائم قطع الأثاث بحلقات معدنية "مكفاة" الجوانب حادة الحروف تقع الواحدة فوق الأخرى مثل أساور اليد، وهي أصل القوائم الخشبية "المخروطة" في الأثاث الذي ظهر بعد ذلك.

أما النمط الثاني فاستعمل الحواشي الكثيفة في أغطية الأثاث المستعمل مما يمنح الهيكل والحشية والوسادة سمة واحدة، وقد خففت هذه الحواشي في العصور الكلاسيكية تمشياً مع الذوق السائد آنذاك، ثم عادت إلى الظهور في عصر الاتباعية الجديدة (القرن 18م)، وأما النمط الثالث فهو قطع الأثاث التقليدية التي ظلت تستعمل من دون تعديل يذكر طوال عصور الظلام في أوروبا، ومن هذه القطع الأريكة التي كانت تستعملها الشخصيات الكبيرة عند تناول الطعام أو تبادل الأحاديث، والمنضدة المتنقلة الصغيرة التي توضع عليها المرطبات قرب الأريكة أو إلى جانب الكرسي الذي يجلس عليه "النديم" (الزوجة أو المحظية أو المغني أو غيرهم)، بحسب رغبة الشخصية التي تتكئ على الأريكة، ومن هذا التقليد الأرستقراطي انبثقت أكثر نظم البلاط تعقيداً، وهي تحدد من يحق له الجلوس في حضرة الشخصية المذكورة وأين يجلس، وما تزال مثل هذه التقاليد مرعية في قصور الملوك واحتفالاتهم.

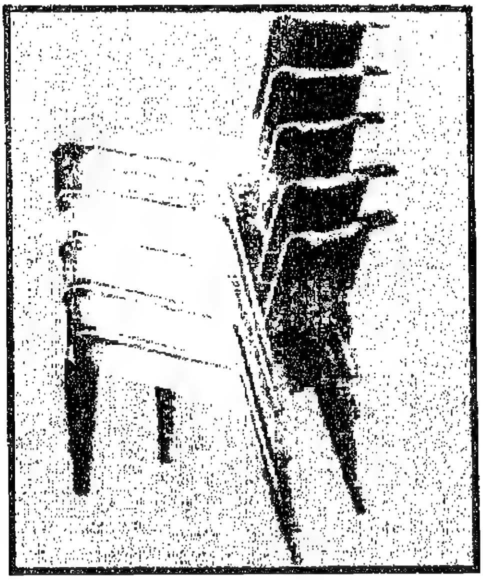
الأثاث الحديث:

تطلق صفة الأثاث الحديث عادة على الأثاث الذي أنتج منذ أوائل القرن العشرين حتى اليوم.

وقد اتخذ تصميم الأثاث الحديث منحيين اثنين: أولهما إحياء الأساليب التقليدية مع حرية التصرف في إدخال تعديلات عليها، إذ يندر التقليد الحرفي في هذا المجال، وثانيهما الاستجابة للمتطلبات الحياتية المعاصرة المتأثرة بالتحولات الاجتماعية والاقتصادية الاستهلاكية، وبتطور فن العمارة والمساحات السكنية، وقد اجتذب هذا المنحى أكثر المواهب المعنية بصناعة الأثاث منذ أواخر القرن التاسع عشر، وفتحت المواد والتقنيات الجديدة الأبواب واسعة أمام صناع الأثاث للابتكار والتنويع حتى صار التجديد هدفاً أساسياً من أهداف هذه الصنعة.

غلبت على صناعة الأثاث في العقدين الأولين من القرن العشرين الاتجاهات التقدمية التي ظهرت في أواخر القرن السابق، وكان أكثرها تأثيراً حركة "الفن

الجديد" التي تزعمها البلجيكي هنري فان دي فلده، وتبنتها مدرسة "نانسي" في فرنسا، ومن مبادئها استخدام أشكال الطبيعة وأحيائها في الزخرفة والشكل واعتماد الانحناءات الأفعوانية النحيلة المعبرة عن حيوية الطبيعة، إلى جانب التركيبات البعيدة عن التناظر المستلهمة من الفن الياباني، والزخارف التجريدية التي تؤكد الأثر النفسي للانحناءات واتجاهاتها، وقد تأثر بهذا المذهب أيضاً مصممون ألمان من أمثال ريتشارد ريمرشميت R. Riemerschmid وبرنار بانكوك B. Pankok من ميونيخ.



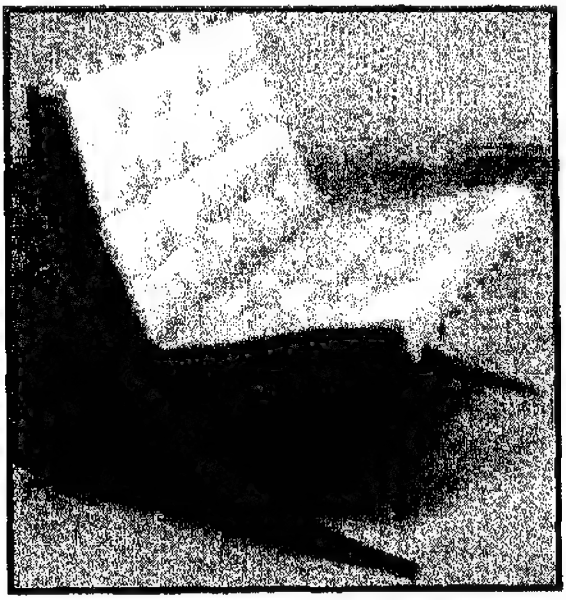
كراسي من الخشب المطبق المقولب بأطر مقواة قابلة للتراكم (مارسيل برويور 1936م)

أما في إنكلترا فكانت الغلبة للأفكار التقدمية التي نادت بها جماعة "الفن والصنعة" ومدرسة غلاسكو واستمر تأثيرها حتى الحرب العالمية الأولى، وتبنى هذا المنهج أيضاً رواد مجموعة "ورشات فيينية" (النمسا) Wienen Werkstatte التي أسست عام 1903 وضمت أكثر المصممين والحرفيين في العاصمة النمسوية، وكان من هؤلاء جوزيف هوفمان J. Hoffmann وكولومان موزر C. Moser، وقد أنتجت هذه المجموعة أثاثاً بسيطاً من الخشب المحني المعالج بالحرارة أو المكسو بقشر الخشب والمزخرف بالتطعيم والترصيع، واقتبس أكثره عن ماكنتوش Cherles Rennie Mackintosh البريطاني.

وفي ألمانيا ظهرت في بداية القرن العشرين حركة تقدمية تدعو إلى الجمع بين الجمال الهندسي لقطع الأثاث والاقتصاد في المواد مع استخدام الآلات، وعمل المصممون الألمان على تطوير هذا المنهج حتى بلغ ذروته في مدرسة "الباوهاوس" للفنون والمهن التي أسست في مدينة "فايمار" (ألمانيا) سنة 1919 بإشراف مؤسسها فالتر غروبيوس Walter Gropius، ثم انتقلت إلى "ديساو" Dessau عام 1925، وكان من أهداف هذه المدرسة الجمع بين الفن والتصميم الصناعي لإنتاج كل ما يلزم للاستخدام وليس الزينة، والإفادة من الخبرات المهنية في تطوير الصناعة، وتدريب الطلاب على تصميم الأثاث وإنتاجه بالجملة، وكان من مبادئ هذه المدرسة الاقتصاد في المواد وخفض التكلفة والإفادة القصوى من مردود المكنات والتقنيات الجديدة، وإجراء التجارب على المواد المستحدثة مع المحافظة على المظهر الجمالي للقطع المنتجة، وقد تولى إدارة هذه المدرسة عدد من مشاهير المعماريين والمصممين والفنانين إلى أن أغلقها هتلر عام 1933، وتمكنت من إنتاج أثاث جميل ومريح ومناسب للوظيفة المخصص لها، استعملت في إنتاجه أنابيب الفولاذ المطلي بالكروم والباكليت الأسود وألواح الزجاج والخشب، وكان أكثر الأثاث الذي أنتج في أوروبا منذ ثلاثينات القرن العشرين مقتبساً عن أصول ابتكرتها مدرسة الباوهاوس.

تأثر المصممون الهولنديون بأفكار المدرسة الألمانية وأنتجوا نمطاً من الأثاث أطلقوا عليه اسم "دي شتيل" (أي الأسلوب De Stijl) واقترن اسمه باسم صانع الأثاث الهولندي الشهير غيريت ريتفلد Gerrit Rietveld الذي صمم في العام 1918 كراسي من شرائح الخشب الرقائقي المطبق مجموعة بوساطة لوالب (براغي) ومطلية بألوان أولية، كذلك صمم المعمار الهنغاري الأصل مارسيل بروير Marcel Breuer الذي تعلم في الباو هاوس وترأس ورشة صناعة الأثاث فيها (1925- 1928) أثاثاً خشبياً من نوع "الستيل" كما صمم أول كرسي مصنوع من أنابيب الفولاذ Tubular Steel وعرف باسم "كرسي فاسيلي" Wassily Chair، وممن سار على النهج نفسه المعمار الألماني لودفيك ميز فان در روهه Ludwig Mies Van der Rohe الذي ينسب إليه كرسي "برشلونة"، والمعمار

السويسري لو كوربوزيه Le Corbusier الذي صمم الكرسي الطويل والكرسي المحني إلى الخلف ووضع تصميمات مبتكرة من القضبان الفولاذية، أما في البلاد الاسكندنافية فقد ساعد توافر الخشب على إنتاج أثاث حديث مكافئ لأسلوب الباوهاوس مع استعمال تقنيات جديدة في تطبيق الخشب ومعالجته وحنيه، وقد صمم الفنلندي ألفار آلتو Alvar Aaalto والسويدي برونو ماتسون Bruno Mathsson كراسي ذوات أطر من الخشب الرقائقي المطبق ثبتت مقاعدها وظهورها بالطريقة التي استخدمت في الباوهاوس، وكانت الكراسي التي صممها آلتو قابلة للتراكم الواحد فوق الآخر تمشياً مع متطلبات القرن العشرين والاقتصاد في المساحة.



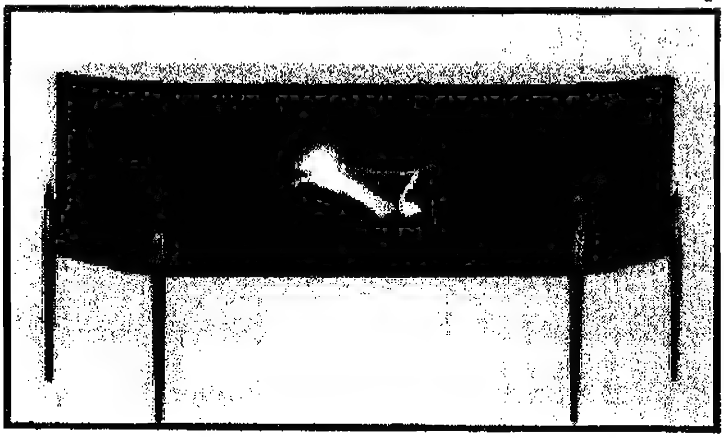
كرسي من الفولاذ مطلي بالكروم ومنجد (لودفيغ ميزفان در دوهة 1929م)

كذلك توصل الدانماركي كار كلنت Kaare Klint وتلميذه موغنز كوخ Mogens Kooch إلى حل آخر لمشكلة الفراغ بابتكارهما الكراسي والمقاعد المطوية Collapsible chairs كما صمم الدنمركي هانز فغنر Hanz Wegner أثاثاً مواده الخشب والفولاذ.

على النقيض من هذه المدارس حافظ المصممون الفرنسيون على إنتاج الأثاث الفاخر الأنيق من الخشب الثمين المطعم بالعاج والفضة والنحاس، وطوروا إنتاجهم

وفق نمط خاص يسمى "فن الديكو" Deco Art، وأنتج المصمم الفرنسي جاك إميل رولمان J. Ruhlman أثاثاً بهذه المواصفات، كما صمم الشريكان لوي سو Louis Sue وأندره مار Andre Mare أثاثاً كلاسيكياً مطوراً من مواد غالية الثمن وعليه زخارف منمقة مستوحاة من الفن الأفريقي ومزينة بجلد حمار الوحش أو الجلد المحبب.

وفي إيطاليا ازدهرت صناعة الأثاث في ثلاثينات القرن العشرين على غرار "الفن الجديد" وصمم الإيطالي غيو بونتي Gio Ponti كرسياً بذراعين على هيئة زهرة اللوتس، وصمم كارلو مولينو Carlo Molino بعيد الحرب العالمية الثانية طاولات وكراسي من ألواح الخشب الرقائقي المطبق مقطوعة ومحنية بأشكال متراكبة، وسار على النهج عدد من مشاهير المصممين الإيطاليين ومنهم أوزوالدو بورساني Osvaldo Borsani وماركو زانوسو Marco Zanoso، وقاسمهما الشهرة في هذا المجال البريطانيان روبين داي Robin Day وإرنست ريس Ernest Race وقد ابتكر داي كراسي مميزة منها الكرسي المصنوع من مادة البولي بروبيلين المقولب بالحقن (وهي مادة جديدة صنعت سنة 1954)، أما ريس فقد ابتكر كرسياً من الألمنيوم الصب نال عليه الميدالية الذهبية في معرض ميلانو عام 1954، وصمم كرسيين من قضبان الفولاذ عام 1951 أطلق على أحدهما اسم "الظبي" Antelop وعلى الثاني اسم "القوفز" Spring bok (القوفز نوع من الظباء يعيش في جنوبي أفريقيا).



صوان جداري صنع آميل رولمان وفق طراز فن الديكور الفرنسي (فرنسا 1919م)

وفي الولايات المتحدة الأمريكية سار إنتاج الأثاث على خطى الأثاث الأوربي، فأنتج المصمم الفنلندي الأصل الأمريكي الجنسية إليل سارينين Eliel Saarinen أثاثاً من نمط "فن الديكو" عام 1923 ولاقى رواجاً كبيراً، في حين أدخلت شركة هاول في شيكاغو أسلوب الباوهاوس إلى الولايات المتحدة وأنتجت الأثاث المصنوع من أنابيب الفولاذ بكميات تجارية، وأكثره من تصميم فولفغانغ هوفمن ابن جوزيف، كما ظهر في حقبة ما بين الحربين العالميتين أسلوب ثالث أكثر أصالة يعتمد الصفات الجمالية لناطحات السحاب والقاطرات والسيارات، واستعملت فيه مواد جديدة كالألمنيوم والباكليت، كذلك جرت في الولايات المتحدة تجارب طموحة لقولبة الخشب الرقائقي بأشكال ثلاثية الأبعاد، وكان "شارلز إيمز" وزوجته "راي" Charles and Ray Eames رائدين في هذا المجال وصمما كراسي مقاعدها من الخشب الرقائقي المقولب أو البوليستر أو الأسلاك المحبوكة، وظهورها مثبتة إلى أطر معدنية من الفولاذ المطلي بالكروم.

كرسي من لدائن مقولبة مقواة بألياف زجاجية على قاعدة من أنابيب الفولاذ تصميم تشارز إيمز (1949م)

وطور جورج نلسون G. Nelson مفهوم الخزائن أو المكتبات الجدارية Storage Wall التي تتألف من مكتبات ورفوف ومكاتب مجموعة بترتيبات مختلفة ومثبتة إلى الجدار، وابتكر آيرو سارينين Eeero Sarinen ابن إليل في الأربعينات طاولات وكراسي من اللدائن المقولبة أو الخشب الرقائقي المقولب

استوحيت أشكالها من الأعضاء الحية كما تدل عليها أسماؤهما: زهرة السوسن" Tulip و"الرحم" womb وغير ذلك.

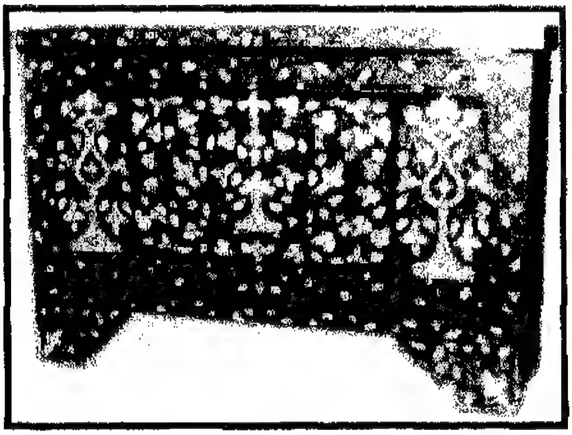
وفي أوائل الخمسينات توصل هانز كنول H. Knoll (وهو سليل أسرة ألمانية من صانعي الأثاث هاجرت إلى الولايات المتحدة مع غيرها من حرفيي الباوهاوس) إلى صنع المطاط الرغوي والإسفنج الصنعي foam rubber واستعمله هاري برتويا Harry Bertoia في تنجيد كرسي صنعه من قضبان الفولاذ الملحومة.

بعد الحرب العالمية الثانية ونتيجة الانفجار السكاني وارتفاع مستويات المعيشة في أوروبا والولايات المتحدة، بالإضافة إلى تطور العلوم والتقانة في مختلف المجالات، وتواتر ظهور مواد جديدة تصلح لصناعة الأثاث كالألياف الزجاجية والمطاط الرغوي والإسفنج الصنعي واللدائن والبوليستر والألمنيوم، غلب على صناعة الأثاث المفهوم التجاري الموحد العناصر فتقلصت التفصيلات الزخرفية والشكلية في التصميم، وكثر إنتاج القطع المتفصلة والقابلة للتركيب والجمع بأشكال مختلفة كالمكتبات الجدارية والرفوف المركبة والإطارات الشبكية المتعددة الوظائف والأرائك والمقاعد- السرر (القابلة للتحويل إلى سرير)، وأطلقت يد المصممين والصناع في اختيار المواد التي تناسب تصاميمهم والوظائف المطلوبة منها من حيث توفير المتانة والراحة والجمال مع قلة التكاليف، وساعدت وسائل الاتصال والإعلام والمعارض والمؤتمرات على حل هذه المعادلة الصعبة بتوفير إمكانات الاتصال وتبادل الخبرة بين مصممي الأثاث في مختلف أنحاء العالم، وكان من نتائج ذلك محاولات توحيد المفاهيم التقنية المتعلقة بصناعة الأثاث، وتنامي التجارة الدولية بالمواد والسلع المصنعة، وظهور نمط عصري من الأثاث يمكن أن يطلق عليه اسم النمط العالمي Cosmopolitan Style يجمع أفكار المصممين ويقارب بينها وبين وسائل الإنتاج الحديثة والمواد المستحدثة وتتبناه صناعة الأثاث في مختلف دول العالم وتستجيب فيه لمتطلبات السوق الشعبية.

وفي المقابل يرفض كثير من المصممين والحرفيين المهرة التخلي عن مهنة صناعة الأثاث التقليدي وموادها التقليدية كالخشب الجميل والمواد الثمينة ويسعون

في أعمالهم وصحفهم ومعارضهم إلى إحياء صناعة الأثاث بمظاهرها الجمالية والفنية، ومن هؤلاء الرسام والنحات الأمريكي هارتون إيشريك Wharton Esheriek الذي ابتكر أثاثاً خشبياً مزخرفاً بالحفر الناعم والسطوح الحبيبية، وكذلك المعمار جورج ناكاشيما G. Nakashima الذي أبدع قطعاً فنية ليس لها نظير، وسام معلوف S. Maloof الذي استوحى الأثاث التقليدي في ابتكار كرسي هزاز، ووندل كاسل Wendell Castle الذي ابتكر في سبعينات القرن العشرين نماذج شاعرية من الخشب المحفور والمطبق وصنع في منتصف الثمانينات قطعاً فاخرة ملبسة بقشر الخشب مستوحاة من فن الديكور.

البلاد العربية:



صندوق ملابس حديث الصنع من خشب الجوز المطعم بالصدف صنع دمشق (1990م)

تسير صناعة الأثاث في أكثر البلاد العربية في اتجاهات ثلاثة مختلفة: يهتم الاتجاه الأول بمتابعة نموذج صناعة الأثاث العالمية وإنتاج قطع الأثاث النمطية المستخدمة في المكاتب والأماكن العامة على أساس الوظيفة في مصانع متخصصة لهذه الغاية وبأيد محلية، أما الاتجاه الثاني فيعنى بإنتاج الأثاث الفني العصري المقتبس في أكثره من النماذج الغربية التقليدية والحديثة مع محاولة إضفاء لمسات محلية أو شرقية عليه بما يتناسب مع استعمالاته، ومعظم هذا الأثاث من الأخشاب المعالجة أو الطبيعية وغالباً ما يتم تصنيعه يدوياً في ورشات النجارة الموزعة في المدن،

وأما الاتجاه الثالث فهو محاولات إحياء الأثاث الإسلامي الشرقي المحفور والمطعم والمكفت والمُنزّل فيه الصدف و"الموزاييك" والعاج والمعدن وترميم ما بقي منه في البيوت والمساجد والكنائس، وإنتاج أشكال جديدة منه، مع محاولة المصممين المحليين وضع بصمات جديدة على هذا النوع من الأثاث ليغدو مناسباً لاستعمالات العصر، ويبقى إنتاج هذه الأنواع محدوداً ومخصصاً لفئات معينة من الناس[1].

الأحمال الحية والميتة : Live and dead loads

الأحمال الحية والميتة مصطلح هندسي يستخدم في شتى مجالات وفروع الهندسة، ويقصد بالحمل الإنشائي لعنصر ما: وزن العنصر، وتعتبر الحمولات الحية والميتة نوعاً من أنواع القوة.

❖ **الحمولة الحية:**

ويقصد بالحمولة الحية وزن الكائنات الحية من إنسان وحيوان وحمولات الظواهر الطبيعية.

أمثلة:

- حمولة الإنسان.
- حمولة الحيوان.
- حمولة الرياح.
- حمولة الثلوج.
- حمولة الطوفان.
- حمولة الأمطار.
- حمولة الزلازل (تحسب عن طريق عوامل ثابتة).

---

(1) المصدر السابق، (بتصرف).

❖ **الحمولة الميتة:**

ويقصد بها وزن المواد والمعدات والمكونات الثابتة على مرور الزمن.

أمثلة:

- حمولة الجدران.
- حمولة البلاطة الخرسانية.
- حمولة الأثاث.
- حمولة معدات المنزل (ثلاجة- موقد...).
- يدخل وزن الآلات المستخدمة في البناء ضمن الحمولة الميتة.

مثال تطبيقي:

لحساب الحمولات الحية والميتة لمبنى سكني، يجب حساب كل من العناصر الآتية:

❖ الحمولة الحية ولنعطيها الرمز س

- عدد الأشخاص القاطنين في المبنى وبشكل تقديري.
- عدد الحيوانات.
- حمولة العوامل الطبيعية، وتختلف من بلد إلى آخر وتكون لها قيمة محددة حسب النظم المتبعة للدولة.

❖ الحمولة الميتة ولنعطيها الرمز ع

- وتحسب الحمولة الميتة بدقة متناهية.
- وزن أرضية البناء.
- الجدار بمختلف مكوناته من طوب وورقة إسمنتية وطلاء...
- السقف بمختلف مكوناته.
- الأثاث المستخدم.

❖ عامل الأمان ولنعطيه الرمز ص

وهو نسبة معينة تضاف إلى ما سبق، وهذا العامل أيضاً يختلف باختلاف القوانين المتبعة في مختلف البلدان(1).

الحمولات الحية والميتة = س + ع + ص

أساسات البناء: Foundations

الأساسات foundations هي القاعدة السفلى لمنشأة هندسية أو بناء، ومهمتها نقل حمولات البناء إلى التربة وضمان ارتكازه على الأرض ارتكازاً ثابتاً، وتكون الأساسات في العادة مدفونة في الأرض على عمق مناسب للتأسيس يتم اختياره تبعاً لنوع المنشأة وأسلوب التصميم وقدرة تحمّل التربة، ويجب أن تتوافر في تربة التأسيس الشروط الأربعة التالية: المتانة، كي لا تحدث فيها انحطاطات بتأثير حمولات المنشأة المنقولة إليها بالأساسات، والتوازن، كي لا تحدث فيها انزلاقات نتيجة انزياح الكتل الترابية فيها أو انهيارها عندما لا تكون مستقرة، والثبات، كي لا تحدث فيها انجرافات أو فجوات داخلية بتأثير حت المياه فيها، والاستقرار، لئلا تحدث فيها تغيرات وتشوهات كبيرة في حجمها بتأثير الرطوبة والنظام "الحراري المائي" فيها.

ويتطلب ضمان هذه الشروط في تربة التأسيس النزول أحياناً بمنسوب التأسيس إلى أعماق كبيرة جداً، أو يتطلب معالجة خاصة للتربة بتثبيتها أو عزلها عن الرطوبة، أو يتطلب أحياناً اختيار طراز أو نوع خاص للأساسات، ومن هنا فإن دراسة التربة المراد التأسيس عليها، لتحديد خواصها ومواصفاتها بالتحريات الحقلية، عملية ضرورية لا غنى عنها قبل تحديد نوع الأساس وتصميمه للأبنية والمنشآت الضخمة، أما الأبنية العادية فتصمم أساساتها مسبقاً، وتوضع اشتراطات ومواصفات لتربة التأسيس يتم ضمانها بالبحث عن العمق الذي يوفر ذلك، وكل

(1) ويكيبيديا، الموسوعة الحرة، (بتصرف).

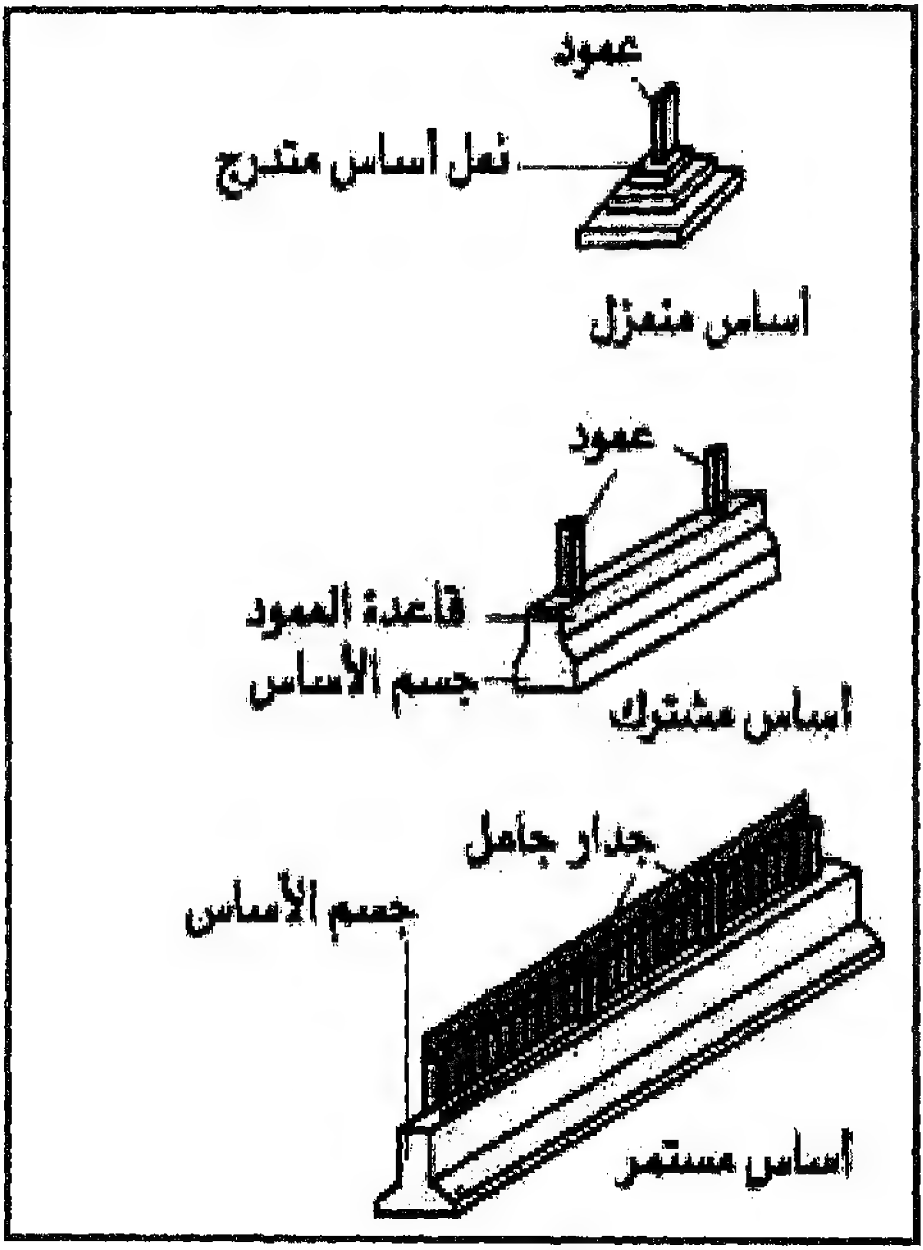
هذا يجعل تصميم الأساسات وتنفيذها مرتبطين ارتباطاً وثيقاً بعلم ميكانيك التربة الذي يعنى بخواص التربة ومواصفاتها.

دراسة تربة التأسيس:

تدرس التربة بالتحريات الحقلية للكشف عن طبيعتها وترتيب طبقاتها وسمكها، ووضع المياه الجوفية فيها، وتحديد أماكن عدم التجانس في بنيتها، ليتم وفق هذه الدراسة، تحديد طبقة التربة التي يمكن أن توفر شروط المتانة والتوازن والثبات والاستقرار، ولتعقد طبيعة التربة لا توجد طريقة واحدة مناسبة لتحري جميع حالاتها، ولكن أكثر الطرائق ملاءمة وشيوعاً هي إجراء سبر استطلاعي في مناطق مختلفة من موقع المنشأة تؤخذ منها عينات لتجرى عليها في المختبر التجارب اللازمة، ومن ثم تصنف وتحفظ، ويوضع ما استخلص منها من نتائج في تقرير دراسة التربة، وينفذ السبر بطرائق مختلفة منها السبر بالمثقب اليدوي أو الآلي أو السبر بالحفارة المائية أو السبر بالدق، أو السبر بالحفر الدوراني للترب القاسية، ولإجراء السبر في الترب المغمورة بالماء يستعان في العادة بصندوق معد لهذه الغاية يتم السبر من داخله.

وفي المواقع التي تتوافر فيها معطيات عن طبيعة التربة وخواصها يتم التحقق، فقط، من هذه الخواص بالكشف عن تربة التأسيس بمثاقب ومغارز مخروطية، وتنفذ أعمال السبر في العادة إلى عمق يساوي ثلاثة أضعاف أكبر بعد من أبعاد نعل الأساس، وبما لا يقل عن ستة أمتار للأساسات العادية والحصائر، أما الأوتاد فيجب النزول عندها بعمق السبر إلى العمق اللازم، وتحدد مواقع السبر وعددها تحديداً يشمل كامل الموقع، ويوزع السبر في العادة تبعاً لطبيعة المنشآت بمعدل 15متراً بين كل سبر وآخر للأبنية العادية، و30متراً على الأقل للسدود الترابية والأنفاق، وفي الأماكن التي يظهر فيها عدم تجانس التربة تزاد عمليات السبر لتصبح المسافة بينها بمعدل 7 - 10أمتار، وتستخلص من معطيات السبر الخصائص الميكانيكية للتربة التي تكون في العادة إما حبيبية وإما صخرية، وأهم هذه الخصائص: مقاومة التربة للضغط، وزاوية الاحتكاك الداخلية للتربة، وتماسك التربة، ويكتفى على

العموم في الأبنية العادية بقياس مقاومة التربة للضغط في الموقع نفسه مباشرة بقياس انغراز سطح معين بتأثير حمولات متزايدة عليه وتسجيل هبوط التربة تحته مع الزمن (يقاس في العادة مقدار الحمولة اللازمة لتحقيق هبوط رأس حفارة نظامي بمقدار سنتيمتر واحد في ساعتين) ثم تحسب مقاومة التربة للضغط بتقسيم الحمولة على السطح (كغم/سم^2).



الشكل (1) الأساسات المنفردة

وتحدد في المنشآت الكبيرة المهمة خصائص إضافية للتربة مثل معامل النفوذية والضغط الحبيبي ومميزات الإجهاد والتشوه وتأثيراتها في استقرار التربة وتوازنها وثباتها.

أنواع الأساسات:

تصنف الأساسات بحسب عمقها في: أساسات سطحية لا يزيد عمق تأسيسها على عشرة أمتار، وأساسات عميقة يزيد عمق تأسيسها على عشرة أمتار.

وتصنف الأساسات في الأنواع التالية:

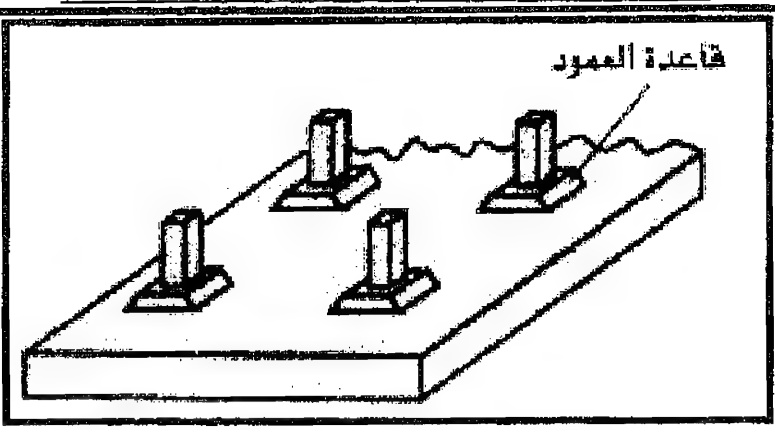
❖ **الأساسات المنفردة:**

وهي أساسات سطحية في الغالب، تكون من الحجر أو من الخرسانة المسلحة، ولها الأنواع التالية: الأساس المنعزل، وهو الذي يحمل عموداً واحداً، والأساس المشترك، وهو الذي يحمل عمودين أو أكثر، والأساس المستمر، وهو الذي يحمل جداراً (الشكل1).

والأساسات المنفردة الخرسانية المسلحة قد تصب في الموقع نفسه وقد تكون مسبقة الصنع يتم تركيبها في موقع المباني المسبقة الصنع.

وفي معظم المنشآت والأبنية تصب طبقة خرسانة نظافة بسمك 4- 5سم تحت جسم الأساس المنفرد الخرساني في الخرسانة العادية عيار 150كغم من الإسمنت لكل متر مكعب واحد.

وتستعمل الخرسانة العادية عيار 250كغم/م^{3}على الأقل للأساسات المنفردة الخرسانية غير المسلحة، وخرسانة عيار 350كغم/م^3 على الأقل للأساسات الخرسانية المسلحة، وعيار 300كغم/م^3 للأساسات المنفردة الخرسانية المنفذة تحت الماء.



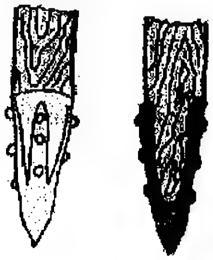
الشكل (2) حصيرة من الخرسانة المسلحة

❖ الحصيرة:

وهي أساس سطحي في الغالب، يشمل مساحة موقع المنشأة كلها، ويحمل الجدران والأعمدة جميعها (الشكل2).

وتكون الحصيرة من الخرسانة المسلحة، ويتم اللجوء إلى تصميم الحصيرة حلاً أكثر اقتصاداً من النزول بمنسوب التأسيس إلى أعماق كبيرة عندما تكون مقاومة التربة السطحية ضعيفة فيتم بالحصيرة توزيع الحمولة توزيعاً منتظماً على سطح كبير لتجنب الانحطاطات الموضعية المؤدية إلى تشقق جدران المنشأة.

وتصب في العادة طبقة خرسانة نظافة بسمك 5سم على الأقل تحت الحصيرة من الخرسانة العادية عيار 150كغم إسمنت/م^3، ويستخدم لخرسانة الحصيرة إسمنت مقاوم للكبريتات عندما تكون التربة كبريتية المياه، وتعزل الحصيرة عن المياه الجوفية في هذه الحال بمواد مانعة للرطوبة السطحية (عازلة للسطوح) مثل "سيليكات البوتاسيوم" أو غيرها، ويشترط في أساسات الخرسانة المسلحة المنفردة والحصائر توفير طبقة حماية لقضبان التسليح الطرفية لا تقل عن 3سم.



الشكل (3) النعل المعدني لوتد خشبي

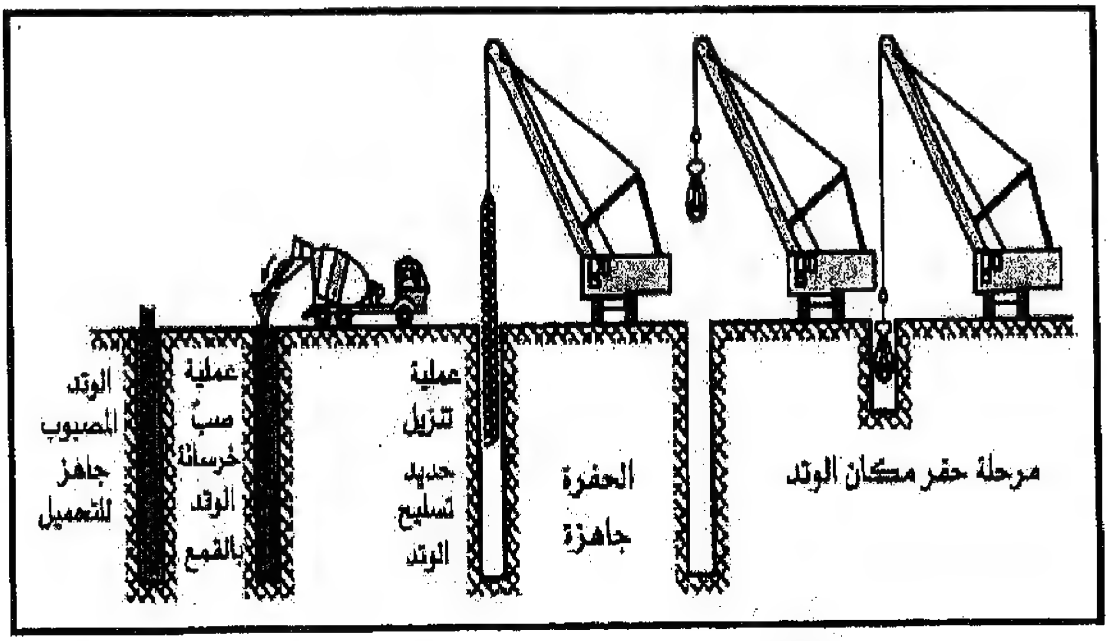
❖ الأوتاد :

وهي أساسات عميقة يتم اللجوء إليها للوصول إلى منسوب التربة العميقة الصالحة للتأسيس عليها، وتصنع الأوتاد من الخشب أو المعدن أو الخرسانة، وتصنع الأوتاد الخشبية من خشب الزان أو الدردار أو الأرز، وتدق في التربة بآلات خاصة بعد أن تزوّد أطرافها بنعل مخروطي معدني يمنع تآكل رؤوسها عند الدق (الشكل3).

أما الأوتاد المعدنية فتكون فولاذية على شكل أنابيب أو يكون لها مقاطع ضخمة على شكل H تدق في التربة أو توضع في حفر للأوتاد وتصب الخرسانة حولها.

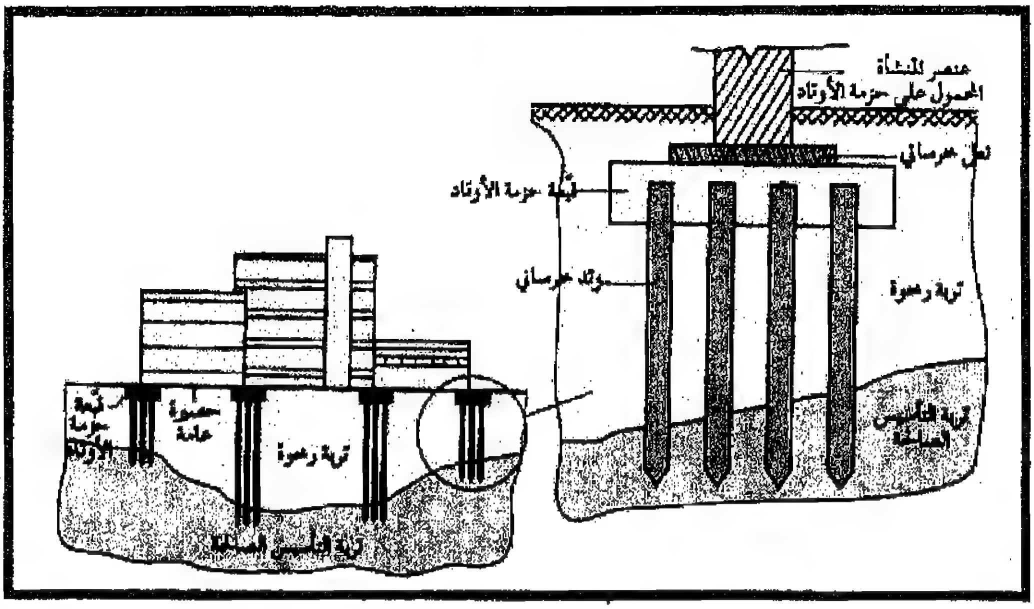
وأما الأوتاد الخرسانية فقد تكون من الخرسانة العادية أو المسلحة أو قد تكون مسبقة الصنع أو مصبوبة في الموقع نفسه أو من الخرسانة المسبقة الإجهاد.

تحفر أماكن الأوتاد الخرسانية المصبوبة في المكان نفسه بحفارات خاصة، وتوضع أحياناً قمصان حماية معدنية حول الأوتاد عندما تكون التربة رخوة أو مشبعة بالمياه ومن ثم يتم إنزال هيكل التسليح المعدني للوتد وبعد ذلك تصب خرسانة الوتد ويسحب قميص الحماية إن وجد (الشكل4).



الشكل (4) مراحل تنفيذ الوتد المصبوب في المكان

وتزود رؤوس الأوتاد الخرسانية المسبقة الصنع أو المسبقة الإجهاد بقلانس مسلحة تطوق الرؤوس التي تتعرض للدق، وتدق هذه الأوتاد بآلات ذات مطارق خاصة، وتسلح لتتحمل القوى والإجهادات الناجمة عن نقلها وحملها ودقها إضافة إلى حمولات المنشأة عند تركيبها وإقامة البناء.



الشكل (5) مبنى يرتكز على مجموعات حزم من الأوتاد

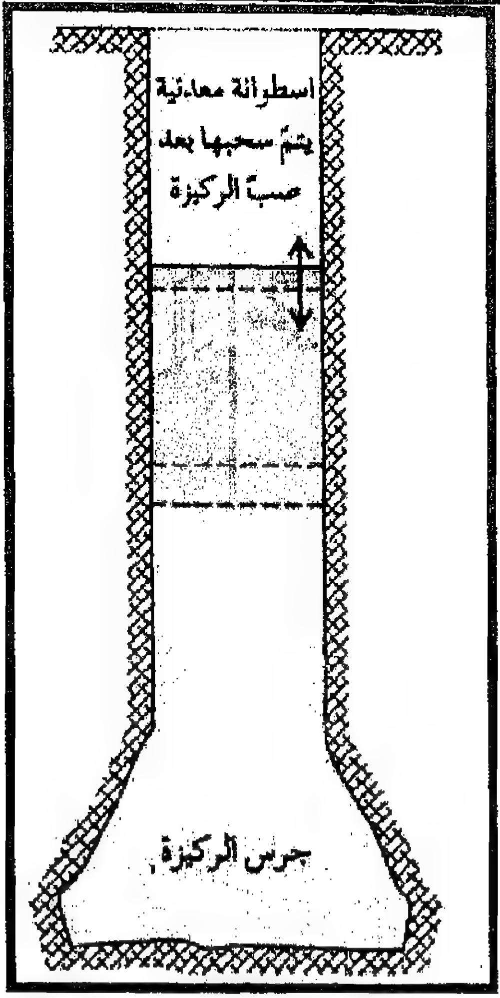
ترتكز الرؤوس السفلية للأوتاد على تربة التأسيس الصالحة وتجمع في العادة عدة أوتاد متقاربة في حزمة تغطيها قبعة، وترتكز قاعدة المنشأة، على مجموعة من حزم الأوتاد هذه (الشكل5).

وقد تكون الأوتاد في بعض الأحيان مغروزة في التربة غرزاً مائلاً، وتكون في معظم الأحيان شاقولية.

❖ الركائز:

وهي أساسات عميقة تتألف من كتل خرسانية كبيرة تقوم بنقل حمولات المنشأة إلى التربة (الشكل6).

وتنفذ الركائز غالباً للتأسيس في قيعان الأنهار والبحار، أو عندما تكون تربة التأسيس الصالحة مغمورة بالمياه، وتستخدم صناديق الهواء المضغوط للحفر وصب الركائز من الكتل الخرسانية غير المسلحة.



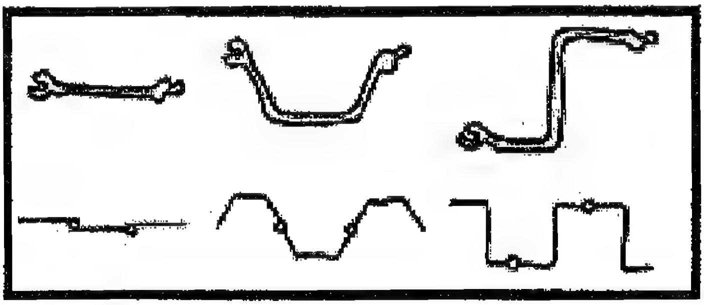
الشكل (6) إنشاء ركيزة في حفرة محمية

◆ الأساسات الخاصة:

وهي أساسات تقام لمنشآت خاصة مثل ناطحات السحاب وبعض المنشآت الصناعية الضخمة ومباني المفاعلات النووية ومنصات التنقيب عن النفط في البحر والمداخن العالية وأساسات الآلات الضخمة وغيرها، وليس لهذه الأساسات طراز معين مسبقاً، وتحتاج في الغالب إلى تدعيم التربة وتثبيتها بحقنها بالملاط الإسمنتي أو الجصي وتدعيمها جانبياً، وتحتاج كذلك إلى دراسة مستفيضة ومعمقة للتربة جيولوجياً وهيدرولوجياً، وفي بعض الأحيان تكون كتلة الأساسات الخاصة خليطاً من الأوتاد والحصائر والركائز والأساسات المنفردة بهيئات مختلفة وعلى مناسيب تأسيس مختلفة.

تقنية تنفيذ الأساسات:

تتضمن أعمال تنفيذ الأساسات، إضافة إلى تنفيذ الأساس نفسه من الخرسانة أو الحجر أو غيره، أعمالاً تحضيرية تشمل حفر التربة وتدعيم جوانبها عند اللزوم، وتشمل في بعض الحالات ضخ المياه الجوفية وعزل الأساس عنها، ويكتفى في العادة، عند تنفيذ الأساسات السطحية، بإزالة التربة الزراعية للوصول إلى منسوب التأسيس إلا إذا كانت التربة ضعيفة فيتم الحفر إلى عمق التأسيس المناسب، وعندما يكون منسوب التأسيس فوق منسوب المياه الجوفية يتم تنفيذ حفر مكشوفة من دون تدعيم مع إعطاء جوانبها ميلاً خفيفاً لمنع الانهيارات، أو يتم تنفيذ حفر مدعمة بالتصفيح عندما يكون العمق كبيراً والتربة ضعيفة، أما عندما يكون منسوب التأسيس تحت منسوب المياه الجوفية فيجب تدعيم جوانب الحفرة بصفائح تدعيم معدنية تغرز في الطبقات الكتيمة (الشكل 7)، وتضخ المياه عند المباشرة في تنفيذ جسم الأساس.



الشكل (7) بعض مقاطع الصفائح المعدة لتدعيم جوانب الحفريات العميقة

وعندما لا يتم، في بعض الحالات، تدعيم جوانب الحفرة يلجأ إلى إغراقها بطين غضاري كثافته نحو 1.7 يدخل في التربة المحيطة ويمنع انهيارها المحتمل.

وأحياناً يتم اللجوء إلى تجميد التربة المحيطة بحفرة الأساس بإمرار مياه من كلور الكالسيوم بدرجة - 20°م، في أنابيب تجميد، على التربة الجانبية لمنع انهيارها بالتجميد، وأخيراً تحقن الجدران الجانبية للحفرة أحياناً بملاط إسمنتي رقيق أو بمادة البيتومين bitumen (مادة إسفلتية) أو سيليكات الصوديوم لتدعيمها ومنع انهيارها.

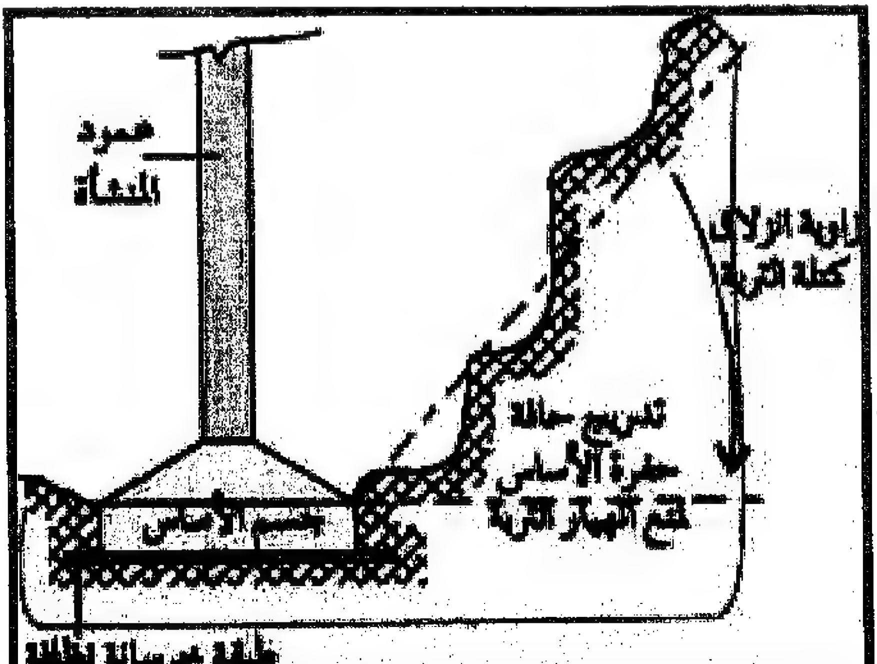
أما الأساسات العميقة مثل الأوتاد والركائز فتصب أو تدق في التربة الجافة أو المغمورة بالماء من دون إجراء أي حفريات حولها ، ويستخدم في بعض الحالات صندوق خاص لتنفيذها تحت الماء.

وتحفر الأساسات في الترب العادية بالحفارات العادية ، أما عندما تكون الأرض صخرية فيتم اللجوء إلى المثاقب الآلية أو المثاقب الدورانية العاملة بضغط الماء أو استعمال المتفجرات في بعض الحالات ، وتحفر أماكن الأوتاد والركائز بآلات خاصة.

أشكال التأسيس:

إن العلاقة المباشرة بين منسوب التأسيس (منسوب أسفل الأساس) ومنسوب طبقة التربة الصالحة (المنسوب الذي لا يجوز التأسيس فوقه)- وهي الطبقة التي تحقق شروط المتانة والاستقرار والثبات والتوازن- إن هذه العلاقة هي التي تحدد شكل التأسيس ضمن الأشكال الرئيسة الثلاثة التالية :

التأسيس مباشرة على تربة صالحة : هناك حالتان رئيستان لهذا الشكل:



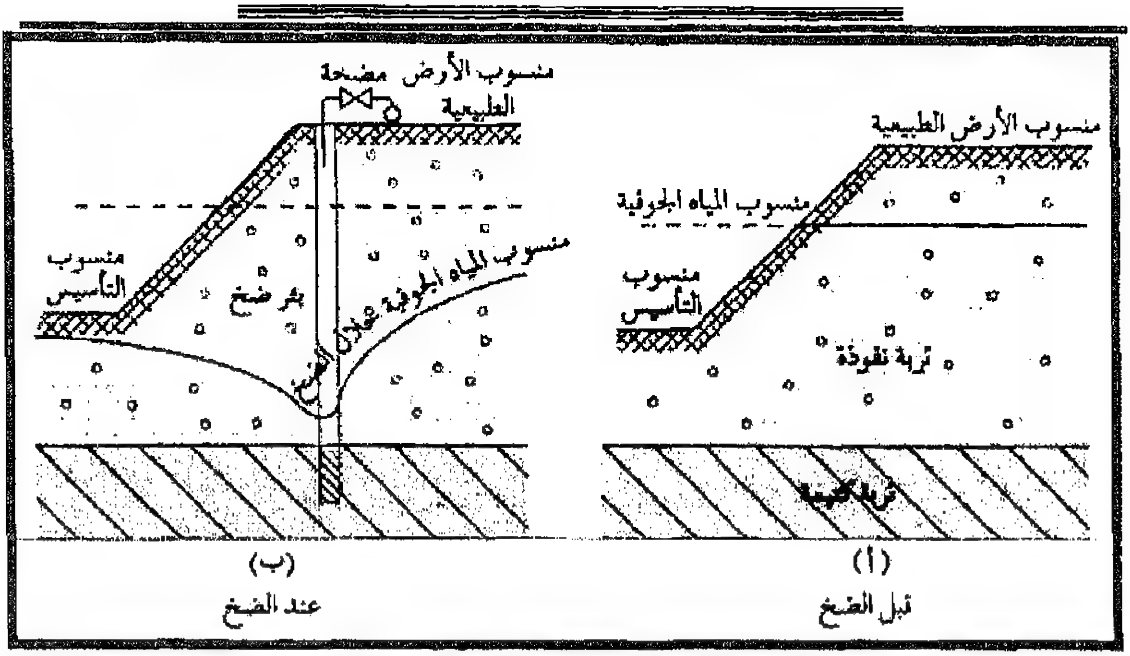
الشكل (8) حفرة تأسيس لأساس منفرد فوق منسوب المياه الجوفية

الأولى أن يكون منسوب التأسيس أعلى من منسوب المياه الجوفية: وفي هذه الحال يتم تنفيذ الحفر حتى الوصول إلى التربة الصالحة وبعدها يصب الأساس الخرساني أو يبنى الأساس الحجري وترفع عناصره (أعمدة أو جدران) حتى منسوب الأرض الطبيعية التي يتم انطلاقاً منها تنفيذ أرضية المنشأة أو البناء ومن ثم رفعه.

وفي العادة، عندما لا يتجاوز عمق الحفرة خمسة أمتار تنفذ الحفرة مكشوفة بلا تدعيم جانبي، وإذا كان عمق الحفر من خمسة أمتار إلى عشرة تجعل جوانب الحفرة المكشوفة على شكل مصاطب كل مترين أو ثلاثة أمتار تجنباً لانهيارها (الشكل 8).

أما عندما يزيد عمق الحفر على عشرة أمتار فيمكن اللجوء إلى تصفيح جوانب الحفرة أو تدعيمها بدعامات جانبية خاصة.

والثانية أن يكون منسوب التأسيس أخفض من منسوب المياه الجوفية، وفي هذه الحال يتم اللجوء إلى إنضاب المياه الجوفية كي تنفذ أعمال التأسيس على تربة جافة ثم يعزل الأساس عند اللزوم عن هذه المياه، ويجري تجفيف التربة وإنضاب المياه الجوفية المتسربة إلى حفرة التأسيس، عندما تكون التربة شديدة النفوذية، بنصب عدد كاف من المضخات نصباً شاقولياً فتقوم بضخ المياه إلى قنوات صرف خاصة طوال مدة تنفيذ الأساسات وعزلها، أما عندما يكون معامل نفوذية التربة ضعيفاً فيتم اللجوء إلى تجفيف التربة بوساطة الآبار الراشحة عن طريق حفر آبار في جوانب حفرة التأسيس تردم بالرمل الخشن لتكوّن مرشحاً حول قسطل المضخة المثقب وتردم نهاية حفرة الضخ أو حفرة البئر بطبقة كتيمة من الغضار أو الإسمنت أو تحقن بمحاليل قابلة للتجمد، وتؤلف هذه الطبقة الكتيمة حاجزاً مانعاً (الشكل 9)، ومن ثم يتم تخفيض منسوب المياه الجوفية حول كامل الموقع بالضخ من هذه الآبار الراشحة.



الشكل (9) تخفيض منسوب المياه الجوفية لحفرة تأسيس بالضخ من بئر راشحة

وفي بعض الحالات الخاصة يكون من الصعب جداً تجفيف التربة وإنضاب المياه الجوفية فيتم اللجوء إلى تنفيذ الأساسات على منسوب التأسيس المغمور بالمياه بوساطة أقماع خاصة تقوم بصب الخرسانة على منسوب التأسيس المحفور والمغمور بالمياه إذ يصب الأساس كاملاً بعد إنزال حديد التسليح في موقعه بإنزال الخرسانة إنزالاً متصلاً من فتحة القمع التي تظل دائماً مملوءة بالخرسانة تجنباً لصعود المياه داخل أنبوب القمع وحدوث انفصال بالماء في بنية الخرسانة.

التأسيس غير المباشر على تربة صالحة: هذه هي حال الأساسات العميقة عندما تكون التربة الصالحة عميقة جداً فيتم الوصول إليها بتنفيذ الأوتاد أو الركائز التي تغرز حتى الوصول إليها والدخول فيها، ويتم التحقق من الوصول إلى هذا المنسوب عندما يمتنع الوتد المضروب عن الانغراز بتأثير عدد معين من الضربات[1].

وهناك حالة خاصة من الركائز التي يتم تنفيذها للمنشآت البحرية وكاسرات الأمواج والمنصات البحرية والأرصفة الشاطئية وغيرها، وتكون بإقامة

(1) M.TOMLINSON, Foundation Design& Constrution (London 1 986).

الركيزة فوق التربة السطحية من غير حفر ثم النبش حولها وتحتها ورفع الأتربة من تحتها حتى تأخذ بالانغراز تدريجياً في التربة وتستقر على تربة التأسيس الصالحة.

التأسيس على تربة غير صالحة: في هذه الحال يتم اللجوء إلى تنفيذ أشكال خاصة من الأوتاد والركائز تكون أحياناً مسننة الجوانب أو ذات أشكال خاصة كبيرة المقطع تعمل على مقاومة حمولات المنشأة باحتكاك سطوحها جانبياً بالتربة، أو يتم استخدام أشكال معقدة من أساسات تجمع بين الحصيرة والأوتاد والركيزة، وفي بعض الحالات الخاصة للمنشآت المهمة يتم تبديل التربة تبديلاً كاملاً أو تحسينها بحقنها وتثبيتها بمواد ملاطية أو "بيتومينية" (إسفلتية).

حماية الأساسات:

تسبب المياه الجوفية المشكلة الكبرى للأساسات سواء عندما تحوي مواد كيمياوية تؤثر مع الزمن في الأساس، أو عندما يسبب جريانها انجراف التربة من تحت الأساس أو من حوله، وفي الحالة الأولى تتم حماية الأساس بعزله عن المياه الجوفية بمواد خاصة أو تستخدم خرسانة خاصة مقاومة لتأثيرات المواد الموجودة في المياه، أما تيارات المياه الجوفية التي تسبب انجراف التربة فتتم حماية الأساس منها بإقامة دريئة تؤلف سداً في مواجهة المياه، قد تكون من الألواح المعدنية أو تكون برصف الصخور حول كتلة التأسيس، وفي حالة الأساسات العميقة تقام شبكة تصريف للمياه حول كتلة التأسيس، ويصنع ستار كتيم من الألواح المعدنية أو مواد العزل لمنع تسرب المياه تحت تلك الكتلة.

وفي المنشآت ذات الأساسات العميقة المقامة على المنحدرات، حيث يمكن أن يؤدي جريان المياه القوي إلى تعرية الأساس أو حدوث فجوات تحته في التربة، يقام جدار استنادي من كتلة خرسانية مسلحة أو من صف متراص من الأوتاد في الجهة العليا من المنحدر وتقام حوله شبكة تصريف فعالة تصل إلى الأعماق لمنع تأثير المياه في تربة التأسيس.

وفي المناطق الشديدة البرودة يؤدي تجمد المياه في التربة المشبعة بها تحت الأساس ثم تميّعها عند ارتفاع درجة الحرارة إلى تغيرات كبيرة وإلى عدم استقرار في التربة، وتجري حماية الأساس منه بحقن التربة بالملاط الإسمنتي في بعض الحالات أو بالتأسيس على مستوى أخفض من مستوى التأثر بالصقيع.

تدعيم الأساسات:

عند القيام بأعمال حفر عميقة بجانب أساسات أبنية مجاورة فإن هذه الأساسات تكون في حاجة إلى التدعيم، وتدعو الضرورة في بعض الحالات إلى تبديل أساسات بناء قائم أو تقويتها، وهذه العملية غاية في التعقيد وتحتاج إلى خبرة كبيرة، وتتم عادة بحمل المنشأة على أساسات مؤقتة جانبية وروافع هيدروليكية ضخمة حتى يتم تنفيذ الأساسات الجديدة وربطها بهيكل المنشأة، وتدعيم الأساسات عملية باهظة التكاليف يندر اللجوء إليها في الأحوال العادية[1].

الإسمنت الأبيض: white cement

الإسمنت الأبيض white cement رابط مائي أبيض اللون يستعمل لأغراض البناء المختلفة، ويراعى فيه استبعاد الأكاسيد المعدنية الملونة حفاظاً على درجة البياض المطلوبة، وأهم المواد التي تؤثر في لون الإسمنت هي أكسيد الحديد Fe_2O_3 وأكسيد الكروم Cr_2O_3 وثالث أكسيد الكبريت SO_3 وأكسيد المنغنيز Mn_2O_3.

ويمكن القول إن شيّ خليطة المواد الخام في صناعة الإسمنت الأبيض هو مثله في صناعة الإسمنت البورتلاندي، بغية الحصول على كلنكر أبيض، وإن الطريقة المثلى لإنتاج الإسمنت الأبيض هي استخدام مواد أولية نقية.

(1) الموسوعة العربية، عمر العرفي، المجلد الثاني، ص30، (بتصرف).

المواد الأولية في الإسمنت الأبيض:

أهم هذه المواد الحجر الكلسي والصلصال الصيني أو الكاولين kaolin (من اسم هضبة في الصين تحتوي على كميات كبيرة منه)، والرمل الأبيض الكوارتزي والجص وبعض الإضافات الأخرى.

ويجب أن تحقق هذه المواد النسب المسموح بها من أكسيد الكالسيوم والسيليس والألومين وأكسيد الحديد وأكسيد المغنيسيوم وثالث أكسيد الكبريت، وذلك بحسب المواصفة الموضوعة، ولبعض الدول نسب معروفة لهذه المواد في التركيب الكيمياوي للإسمنت الأبيض الذي تنتجه.

الحجر الكلسي (كربونات الكلسيوم $CaCO_3$): هو من أهم المواد المستخدمة في صناعة الإسمنت الأبيض، ويؤلف نحو 80٪ من خليطة المواد الأولية، ويجب أن يكون متجانس التركيب الكيمياوي نقياً من المركّبات الملونة، وإضافة إلى الحجر الكلسي يمكن استخدام الحجر الطباشيري لأنه أشد نقاوة وأسهل في التكسير والطحن والحرق (الطباشير كربونات الكالسيوم من أصل بحري، وهو أبيض في الأغلب أو ضارب إلى البياض، وهو طري وقابل للتفتت، تشكل في الكريتاسي)، ويجب اختيار الطبقات الكلسية المناسبة في مقالع الحجر الكلسي لأخذ ما يحتوي على أقل نسبة من المواد الملونة، واللجوء إلى تنظيف المواد قبل استعمالها، والتثبت من إزالة الأتربة من سطح الطبقات قبل الشروع بتفجيرها.

الكاولين: هو مادة أساسية في صناعة الإسمنت الأبيض، ويؤلف منه نحو 20٪ تقريباً، وهو غضار يتألف بالأخص من سيليكات الألمنيوم المميهة $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ ويحتوي على نسبة عالية من الألومين، ولكن لا يجوز مع ذلك أن تتجاوز هذه النسبة حدوداً معينة، وفي حال تدني نسبة الألومين تضاف إلى الخليطة كمية محددة من الألمنيوم الصناعي أو من خبث الألمنيوم أو البُكسيت.

الرمل الأبيض الكوارتزي: يضاف الرمل الأبيض، الذي تقل فيه نسبة أكسيد الحديد، لتعديل نسبة السيليس في الخليطة لتصبح متوافقة مع المواصفات المراد تحقيقها في الإسمنت الأبيض.

الجص: يستخدم الجص (كبريتات الكالسيوم المميهة $CaSO_4.2H_2O$) لتنظيم زمن التصلب، ويجب أن يكون نقياً خالياً من الشوائب التي تؤثر في درجة بياض الإسمنت الأبيض.

الإضافات الأخرى: تشتمل هذه الإضافات على مواد لتحسين الشيّ، ومواد للتغلب على بعض المشاكل الفنية، ومواد لزيادة بياض الإسمنت.

أما المواد التي تضاف لتحسين الشيّ، فالغاية منها المساعدة في تسريع طور التميع، وخفض درجة حرارة الاحتراق النهائية التي تصل أحياناً إلى 1600- 1650 درجة، ومن أهم هذه المواد ما يلي:

- الفلور سبار fluorspar أو الفلورين أو الفلوريت وهو فلور الكالسيوم الطبيعي البلوري CaF_2 وهو مادة تساعد على تسريع عملية الشيّ وزيادة درجة البياض، وتخفض درجة حرارة الاحتراق بنحو 50- 100 درجة مئوية ويجب أن تكون نسبة الفلوريت في الخليطة مابين 1.5- 3٪، مع كمية من ثالث أكسيد الكبريت.

- الكريوليت cryolithe (فلوريد الألمنيوم والصوديوم الطبيعي) وهي مادة تؤدي دوراً مهماً في خفض استهلاك الطاقة وتحسين شروط الشيّ ورفع درجة البياض.

- فلوريد الصوديوم والسيليسيوم (Na_2SiF_6) وتؤدي إضافة هذه المادة إلى الخليطة الأولية بنسبة 0.31٪ إلى زيادة درجة البياض بنحو 4٪، وزيادة إنتاجية الفرن وخفض كمية المحروقات.

- الفلدسبار feldspar فلز من سيليكات الألمنيوم والبوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم والباريوم ومواد زجاجية نقية، وخامس أكسيد الفسفور وثالث أكسيد الكبريت، وتؤدي هذه المواد دوراً مهماً في تحسين الشيّ في الأفران الدوارة بزيادة طور التميع وخفض درجة حرارة الاحتراق وزيادة درجة البياض.

وأما المواد التي تضاف للتغلب على المشاكل الفنية فتضاف للتخلص من التراكمات داخل الفرن ولاسيما في مدخله وفي غرفة الدخان وتعديل نسب المواد

الضارة في الخليطة، وتستخدم لهذه الغاية كربونات البوتاسيوم والصوديوم لتعديل نسبة الكبريت الموجودة في المواد الخام وفي الوقود fuel على ألا تؤدي زيادتها إلى مشاكل أخرى.

أما المواد التي تضاف لرفع درجة البياض فمن أهمها المواد التالية:

- الحجر الطباشيري الذي يضاف إلى الكلنكر بعد الشيّ فيزيد من بياضه.
- الجص النقي الخالي من الشوائب الذي يضاف إلى الكلنكر عند الطحن فيزيد من بياضه إلى جانب مهمته الأخرى.
- الروتيل rutile ويؤلف أكسيد التيتان94 TiO2٪ من تركيبه، وهو يساعد على سرعة شي الكلنكر، ويزيد من درجة البياض بالموازنة بينه وبين كبريتات الباريوم $BaSO_4$ ولاسيما عندما تكون نسبة أكسيد الحديد وأكسيد المنغنيز متدنية في المواد الأولية، وتقدر نسبة زيادة البياض بنحو 3- 4٪.
- فلوريد الصوديوم والسيليسيوم، وتساعد إضافتها إلى خليطة المواد الأولية في تكوين بلورات صغيرة تزيد من درجة البياض.
- كلوريدات القلويات وحمض كلور الماء، إذا ما أضيفت رذاذاً إلى الفرن فإنها تزيد من درجة البياض بمقدار 5- 8٪ ولاسيما في الدرجات العالية من الحرارة أي نحو 800- 1000°م.
- كلوريد الأمونيوم وكبريتات الأمونيوم، وهي تزيد من درجة البياض وتحسن نوعية المنتج وتخفض التكلفة الإجمالية.
- الدياتوميت diatomite هي صخرة سيليسية مطبقة من أصل عضوي (من المشطورات diatomees) تطحن مع الكلنكر والجص بنسبة محددة.

تقنية صناعة الإسمنت الأبيض:

التكسير والطحن والمجانسة: تستعمل كسارات مختلفة لتصغير حجم الأحجار الكلسية الواردة من المقالع لكي يصبح حجم الكتلة منها بين 2.5-

4سم، أما تكسير الكاولين والرمل الكوارتزي فيتم في كسارات خاصة تتناسب وطبيعة المادة المستعملة، ويجب الحيلولة في هذه العمليات دون تلويث المواد بالملوثات الملونة، ويلجأ كثير من المعامل إلى إنجاز التكسير على مرحلتين تكسير أولي وتكسير ثانوي.

أما الطحن فيجب أن يوفر نعومات عالية لتسهيل عملية الشيّ في الفرن الدوار، وتستخدم لهذه الغاية مطاحن خاصة ذات كرات خزفية بيضاء وبطانةٍ من الخزف "السيراميك" أو "البورسلين" لتبقى المواد الخام نقية من الملوثات الملونة، وقد تستخدم بعض المعامل سبائك من الفولاذ المقاوم للتآكل والحك.

ومطاحن الإسمنت الأبيض أسطوانية تشتمل على غرفتين: غرفة للتكسير الأولي وغرفة للتنعيم، وتراوح حجوم الكرات الخزفية الطاحنة بين 10 و75ملم، أما البطانة الخزفية التي تبطن المطحنة فتتألف من صفائح مقاييسها 100×150ملم، وتختلف سماكاتها بحسب التصميم الأولي ومكان البطانة في المطحنة.

وتنخفض إنتاجية المطحنة عند استخدام أجسام طاحنة غير معدنية لذلك تضاف مواد مساعدة للطحن (مثل الصودا بنسبة 0.3٪)، كما ترتفع الإنتاجية بتخفيض الرطوبة باستخدام حرّاق مساعد لإنقاص الرطوبات العالية في المطحنة، وتكون المطاحن على الأغلب، ذات دارة مغلقة تحتوي على فارزة دينامية لفرز المواد الناعمة.

ويستخدم في بعض المطاحن حاجز وسطي مغناطيسي لضمان خلو المواد من الأجزاء الحديدية والمعدنية الأخرى الملونة.

ويتم خلط المواد الخام ومجانستها في صوامع خاصة قبل إدخالها الفرن عن طريق المبادل الحراري، ويراقب المزج بتحليل عينات دورية، وتتقرر جاهزيتها لعملية الشيّ على أساس هذا التحليل.

الشيّ: تصل درجة حرارة الاحتراق في الفرن الدوار المعد لإنتاج الإسمنت الأبيض إلى 1600- 1650°م، وترجع زيادة استهلاك الطاقة في إنتاج الإسمنت

الأبيض، إلى قطع دارة الغازات بفتح معبر ثانوي يخفف من تكون الاختناقات في مدخل الفرن وداخله. ويفضل هنا استخدام الغاز وقوداً لخلوه من الملوثات الملونة (عوضاً عن الوقود السائل أو الصلب).

وتدخل المواد الفرن بدرجة 800°م وتخرج من بعد عمليات الشيّ المتتابعة وتكون البليت C_2S وتركيبه ($CaO.SiO_22$)، وبعد أن تدخل طور التميع كمية كافية من المواد ومن ثم تكون الأليت C_3S (وتركيبه $CaO.SiO_23$) في درجة 1600°م، وتمر المواد قبل دخولها الفرن بمبادل حراري ترفع فيه درجة حرارتها من 50 إلى 800 درجة مئوية.

التبريد: للتبريد دور مهم في تحديد نوعية الإسمنت الأبيض المنتج وجودته، ويراعى هنا عدم تمكين المركبات الملونة من اتحادها بالأوكسجين حفاظاً على درجة عالية من البياض في الكلنكر ويكون ذلك بتبريد الكلنكر تبريداً سريعاً يحول دون أكسدة المركبات الملونة وتأثيرها في درجة البياض، ولقد أشير من قبل إلى المواد الخاصة التي تؤدي إضافتها إلى اختزال المركبات الملونة وزيادة درجة البياض.

وأكثر طرائق التبريد شيوعاً هي طريقة المبرد المائي، فيجتاز الكلنكر مبرِّداً محاطاً بالماء يخفض حرارته إلى 500- 600 درجة، ويرفع رطوبته إلى 12- 20٪، ثم ينقل بوساطة بساط ناقل زنجيري، إلى مجفف هوائي دوار للتخلص من الرطوبة المكتسبة، فلا تزيد على 0.5- 1٪ ثم يرسل إلى التخزين.

الطحن: يطحن الكلنكر، المجفف المخزون، في مطاحن أنبوبية خاصة ذات أجسام طاحنة غير قابلة للتآكل تصنع في العادة من الخزف العالي المحتوى من الألمنيوم، ويضاف إلى الكلنكر في هذه المرحلة كمية من الجص النقي الخالي من الشوائب تبلغ نسبتها نحو 4- 6٪ لتنظيم زمن التصلب، ويوجد في داخل الطاحونة ملف مغناطيسي يلتقط أي أجزاء معدنية متبقية في الكلنكر ويُنظّف من وقت إلى آخر.

يطحن الإسمنت الأبيض إلى نعومات عالية إلى أن تصل مساحة السطح النوعي لحبيبات الإسمنت إلى 3500- 4500سم^2 في الغرام الواحد.

التعبئة والتسويق: يعبأ الإسمنت آلياً في أكياس، ويُراعى في عملية التعبئة والتغليف الحيلولة دون التلوث بالملونات أو التعرض للعوامل الجوية المختلفة، ويُراعى في تسويق الإسمنت الأبيض ونقله وتخزينه عدم تعرضه لتأثير الرطوبة ولاسيما عند النقل بحراً.

خواص الإسمنت الأبيض:

وهي تشمل الخواص الكيمياوية ودرجة البياض والخواص الفيزيائية والميكانيكية.

الخواص الكيمياوية: تكاد الخواص الكيمياوية للإسمنت الأبيض تتطابق مع خواص الإسمنت البورتلاندي، والفارق الوحيد بينهما من هذه الناحية هو تدني نسبة أكسيد الحديد وأكسيد المنغنيز بسبب تأثيرهما السلبي في درجة البياض، أما التفاعلات الكيمياوية التي تجري داخل الفرن الدوار فهي التالية:

- في الدرجة 100- 400 من الحرارة يتم التخلص من الماء المرتبط فيزيائياً بالمواد الخام، وفي درجات الحرارة من 400- 750 درجة تنفصم الروابط الكيمياوية وتفقد المواد جزءاً من ماء التبلور، وفي الدرجة 900 يتحول المركب الكاوليني وبعض المركبات الأخرى المماثلة إلى أكاسيد فعالة ومنشطة، وفي الدرجة 800° تتفكك كربونات الكالسيوم فتعطي أكسيد الكالسيوم CaO، وتطلق ثاني أكسيد الكربون CO_2، وعند درجة الحرارة 600° تبدأ تفاعلات الحالة الصلبة وتتكون مركبات البليت وألومينات ثلاثي الكالسيوم (السيليت) C_3A كما يتكون الآليت جزئياً.

وعند درجة الحرارة بين 800°م و3100°م تبدأ تفاعلات التميع فيتم اتحاد مركبات الطور الصلب بمزيد من أكسيد الكالسيوم، وتتكون مركبات أخرى منها السيليت ومنها الآليت بحدوث التفاعل بين أكسيد الكالسيوم والبليت في درجات عالية من الحرارة، مابين 1250 و1550°م.

درجة البياض: يرجع اللون الأبيض إلى أن فلزات الكلنكر جميعها بيضاء ماعدا السيليت الذي يحوي أكسيد الحديد الملون، ولذلك يراعى في إنتاج الإسمنت الأبيض أن تكون نسبة أكسيد الحديد وبعض الأكاسيد الأخرى الملونة متدنية جداً.

وتتحدد درجة البياض بالموازنة بين الإسمنت الأبيض وكبريتات الباريوم وأكسيد المغنيسيوم MgO، فدرجة بياض هذين المركبين هي 100٪، ولذلك يقال إن درجة بياض الإسمنت الأبيض هي 90- 95٪ نسبة إلى المركبين المذكورين.

وأهم الأجهزة التي تحدد درجة البياض هو المطياف الكهرضوئي العاكس، وتقوم عملية التحديد على قياس شدة الضوء المنعكس عن العينة المفحوصة والموازنة بين هذه النتيجة والعينة المعيارية من كبريتات الباريوم، ويقال إن السطح أبيض عندما يعكس أكثر من 65٪ من الضوء.

ويصنف الإسمنت الأبيض بالاعتماد على درجة البياض، في أنواع ثلاثة:

نوع أول ودرجة بياضه من 91- 100٪، ونوع ثان ودرجة بياضه من 80- 90٪، ونوع ثالث ودرجة بياضه من 65- 80٪.

الخواص الفيزيائية والميكانيكية: وهي تشمل النعومة والتصلب والتمدد والمتانة.

أما النعومة فتقاس بجهاز قياس مساحة السطوح، ويكون السطح النوعي للإسمنت الأبيض في العادة نحو 3500 سم^2/غرام، ويكون في النوع الأول نحو 4000سم^2/ غرام، وللنعومة شأن مهم في تحديد مواصفات الإسمنت وجودته وخواصه الميكانيكية.

وأما التصلب فيحدد بدؤه بحسب المواصفة البريطانية، بعد 45 دقيقة على الأقل وتكون نهايته بعد عشر ساعات حداً أقصى.

وعند استخدام جهاز فيكا Vicat تكون بداية التصلب بعد ساعة على الأقل، وتكون نهايته بعد 3- 6 ساعات على الأكثر، ويرجع بطء تصلب الإسمنت الأبيض إلى أخطاء في تقنية الشيّ.

وأما التمدد فيجب أن يكون قليلاً في كل الحالات، والمسؤول عن تمدد الإسمنت هو أكسيد الكالسيوم الحر أو أكسيد المغنيسيوم، ولذا يجب أن تكون نسبة هذين الأكسيدين قليلة لا تؤثر في تمدد الإسمنت، وحددت المواصفة البريطانية نسبة أكسيد المغنيسيوم بـ4٪ حداً أعظمياً.

أما نسبة أكسيد الكالسيوم الحر فترجع إلى عملية الشيّ في الفرن، ويجب ألا تزيد على 1.5٪، ويقاس التمدد بجهاز "لوشاتولييه" Le Chatelier باستعمال ملاط إسمنتي قياسي، ويجب ألا تزيد ثخانته على 10ملم.

وأما متانة الإسمنت الأبيض فقد حددتها المواصفة البريطانية بضغط عينات من ملاط إسمنتي قياسي في مكعبات أبعادها 70.7×70.7×70.7ملم، على النحو التالي: للإسمنت الأبيض العادي بعد ثلاثة أيام 230كغم/ سم^2، وبعد 28 يوماً 410 كغم/ سم^2، وللإسمنت الأبيض العالي الجودة، بعد ثلاثة أيام 290كغم/ سم^2، وبعد 28 يوماً 460كغم/ سم^2.

مجالات استعمال الإسمنت الأبيض:

يستعمل الإسمنت الأبيض في تغطية الجدران الخارجية والداخلية، وفي صناعة الإسمنت الملون بإضافة صبغات معدنية أو عضوية، وفي صناعة البلاط بأنواعه المختلفة، وفي أعمال التزيين ورسم الإعلانات على الجدران الخارجية، وفي أعمال الخرسانة البيضاء لغايات خاصة، وفي ترميم الآثار والمنحوتات، وفي أرصفة الطرق العامة وعلامات المرور الأرضية في الطرق والمطارات، وفي إنتاج المصبوبات المختلفة، وفي التبليط ولصق الرخام وفي إنتاج المرمر الصناعي وأنواعه، وفي إنتاج صفائح الإسمنت الأمينتي، وفي أعمال الحمامات والمطابخ وغير ذلك.

الإسمنت الأمينتي : aminate cement

الإسمنت الأمينتي aminate cement مادة مؤلفة من قطع مشكلة من خليط الإسمنت وألياف الأمينت بعد مزجهما بالماء، ويتصف الإسمنت الأمينتي الذي

اخترعه لويس هاتشيك Louis Hatshek عام 1900م، بخواص مختلفة أبرزها مقاومته للشد والحني وعدم قابليته للفساد وللاشتعال، وكثافته وخفة وزنه.

وتراوح نسبة ألياف الأمينت في الإسمنت الأمينتي بين 10 و20٪، وهو يعرض في الأسواق قطعاً مختلفة الأشكال أهمها ألواح أردوازية، وصفائح مستوية أو مموجة وقساطل tubes وأنابيب للمداخن والقنوات بأقطار مختلفة، وألواح مطلية بالميناء للأغطية الزخرفية، وأحواض خاصة للبناء وللزراعة، وعوازل مختلفة الأشكال والاستعمال في أرضيات المشاريع الإنشائية وجدرانها لمقاومة الحرارة والاحتراق، وصفائح "كرتونية" الشكل مختلفة الاستعمال.

ظهرت صناعة الإسمنت الأمينتي بصنع صفائح رقيقة منه لاستعمالها في البناء، ثم تطورت هذه الصناعة تطوراً سريعاً وشملت الكثير من المنتجات الضرورية في المنشآت المختلفة.

وتُتَّبع في صناعة الإسمنت الأمينتي الطريقة الرطبة (نسبة الماء المضاف 82- 85٪) والطريقة نصف الرطبة (نسبة الماء المضاف 60- 70٪) والطريقة الجافة (نسبة الماء المضاف نحو 10٪) وتفضل الطريقة الرطبة لتحقيق التجانس التام في الخليطة قبل سكبها وضغطها في القوالب.

المواد الأولية في الإسمنت الأمينتي:

المواد الأولية المستعملة في الخليطة هي الإسمنت البورتلاندي وألياف الأمينت والماء وبعض المواد المساعدة، ويفضل أن يكون الإسمنت خالياً من أي إضافات ماعدا الجص أو ما يقابله، وأن تكون نسبة الآليت 55-65 C_3S٪ ونسبة البليت 20-30 C_2S٪ ونسبة السيليت 5-8 C_3A٪، وأما نسبة الومينات حديدات رباعية الكالسيوم C_4AF فهي 12- 27٪، ويزيد الآليت من متانة الإسمنت الأمينتي ويقلل من كمية الماء اللازمة للخليطة، أما البليت فيساعد على زيادة المتانة بعد أسبوعين من بداية التصلب، وأما السيليت فيساعد على التصلب في الأيام الثلاثة الأولى، ويساعد C_4AF على زيادة المتانة البدئية.

ويجب أن يكون الإسمنت خالياً من أكسيد الكالسيوم CaO والسيليس SiO_2 الحُرَّيْن، ويطحن الكلنكر مع الجص لكي يكون السطح النوعي لحبيبات المسحوق 2800- 3200 سم^2/ غرام، أما الأمينت فهو فلز ليفي يستخرج من الطبيعة بأشكال مختلفة، وأهم أشكاله المستعملة هي "الأمفيبول" amphibole و"الكريزوتيل" chrysotile، ويتألف الأمفيبول من سيليكات المغنيسيوم والحديد المميهة، وقد يكون هنالك معدن آخر ثنائي القيمة غير الحديد، يعرف الكريزوتيل باسم "السربنتين" أو حجر الحية ويتألف من سيليكات المغنيسيوم المميهة الليفية التركيب، الصفيحية البنية، ذات الصيغة الكيمياوية $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$، ويوجد في الصخور على شكل عروق ليفية، ويستعمل الكريزوتيل في صناعة الإسمنت الأمينتي على نطاق واسع لمرونته العالية وقابليته للتعجين والتشكيل، وله مقاومة عالية للشد والحني، ويمكن القول إن فلزات الأمينت تتألف من خليط من ماءات المغنيسيوم والكالسيوم والحديد والصوديوم والسيليسيوم، وتوجد نسب قليلة من مواد إضافية مثل أكسيد النيكل NiO، وأكسيد المنغنيز MnO، وأكسيد البوتاسيوم K_2O، وأكسيد التيتانيوم TiO_2، وأكسيد الألمنيوم Al_2O_3، والكلور Cl والفلور F والكبريت S وغيرها، وتؤدي هذه المواد دوراً مهماً في تلوين الأمينت المنتج.

تمتص ألياف الأمينت مركبات الإسمنت المميهة التي تتراكم على سطوحها وتكوّن معها نويات فعالة تنشط التفاعل بين فلزات الإسمنت والماء، وتتكون من منتجات التميّه شبكة بلورية قوية.

وليس الإسمنت الأمينتي بخليط بسيط ولكنه خليط معقد تسهم فيه مجموعة كبيرة من التفاعلات الكيمياوية والفيزيائية وفي مقدمتها عملية الامتصاص على سطوح ألياف الأمينت، مما يزيد من المقاومة النهائية للشد والحني والضغط، وتصل مقاومة الحني إلى 6000- 8000كغم/سم^2، مع العلم أن مقاومة الحديد تراوح بين 4000 و20000كغم/سم^2.

وتتناسب المقاومات الأولية للإسمنت الأمينتي طرداً مع طول ألياف الأمينت وعكساً مع قطر ألياف، أي عندما يصغر قطر هذه الألياف تزداد المقاومة.

ويجب أن يكون الماء نقياً خالياً من العوالق الغضارية أو المواد العضوية: فالمواد الغضارية تعيق عملية ترشيح معلق الإسمنت الأمينتي، وتؤثر المواد العضوية تأثيراً قوياً في عملية إعادة تنظيف الماء، ولا ينصح باستعمال الماء العسير (المحتوي على أملاح) أو ماء البحر، ويفضل أن تكون درجة حرارة الماء بين 34 و37°م.

أما المواد المساعدة فتستعمل لإنتاج أنواع محددة من الإسمنت الأمينتي إذ يمكن، لإنتاج الصفائح، استعمال مواد تضاف إلى الأمينت مثل ألياف الزجاج والبازلت وألياف النسج وخبث الأفران العالية، وتضاف هذه المواد بنسب تراوح بين 10 و15٪ من كمية الأمينت، وتضاف، لتلوين الصفائح، بعض المواد الملونة أو بعض الدهانات العضوية، وتضاف مواد شرهة للماء لزيادة ثبات الإسمنت الأمينتي، وتضاف مواد خاصة تمكّن الإسمنت الأمينتي من مقاومة الأوساط الطبيعية والصنعية، ويضاف في بعض الحالات آجر مشوي ناعم أو زجاج بركاني perlite لتحسين مقاومة الإسمنت الأمينتي للحرارة والحريق.

تقنية صناعة الإسمنت الأمينتي:

لابد، لإنتاج إسمنت أمينتي، من تحقيق سطح نوعي مرتفع، وامتصاص سطحي جيد، لكي يكون من المضمون وصول حبيبات الإسمنت إلى كامل سطوح ألياف الأمينت.

ويماثل صنع الإسمنت الأمينتي إلى حد كبير صنع الورق المقوى (الكرتون)، ويسبق خلط الأمينت بالإسمنت خلطاً جيداً تعجين الكريزوتيل الذي يخلّص قبل ذلك من الصخر في مكان استخراجه، وتمر الألياف، المتجمعة تجمعاً طبيعياً، في مِسْحقةٍ ذات أرحية تعمل على فصم عرى الحزم، ثم تمر بعد ذلك في مُفتّتة تستكمل عملية الفصم وتحوّل هذه الحزم إلى ما يشبه القطن المندوف، ثم يمزج الأمينت في عجينة من الإسمنت شديدة الميوعة، ويخلط المزيج خلطاً شديداً

داخل جبَّالة تشبه الآلات التي تستعمل في صناعة الورق والكرتون، ويعد ذلك تسكب العجينة، التي تستخرج من الجبالة، في حوض ثم تمدد بالماء تمديداً مناسباً وتُغذى منها آلة مكونة من صندوق معدني تدور فيه أسطوانة غربالية ضخمة، فترسُب العجينة على الغربال مكونة طبقة منتظمة سماكتها 0.3- 0.8ملم، ثم تنقل طبقة العجينة إلى سير من لِبْد دقيق المسام (شبكة من لباد) تتلوه صفيحة معدنية رقيقة، يتلقى طبقات الغرابيل المختلفة الواحدة بعد الأخرى التي يلتحم بعضها ببعض، ويمر اللِّبْد على صناديق كبيرة لتفريغ الهواء تتيح تجفيفاً أول، ثم تساق طبقة العجينة بعد ذلك إلى الأسطوانة "المُقَوْلِبة" فتلتف حولها حتى الثخن المطلوب تحت شد معتدل فإذا ما قطعت الأسطوانة المكوِّنة وفقاً لمولِّدها ونشرت تصبح صفيحة مستوية، ويكون ثخن الصفيحة، التي تتألف من ست طبقات رقيقة إلى تسع، من 4- 6ملم، وبعد تقطيع الصفائح، بحسب الأبعاد المطلوبة، يُنضَّد بعضها فوق بعض مع وضع ألواح فولاذية مزيتة بين طبقاتها، ثم تكبس بالمكبس المائي (مكبس هيدروليكي) بضغط مقداره 200 بار تقريباً فتفقد الطبقات المختلفة ثلاثة أرباع مائها وربع سماكتها، وتصبح كل طبقة منها كتلة متراصة واحدة.

وعندما تبلغ صفائح الإسمنت الأمينتي درجة كافية من المقاومة اللازمة للتداول والعمليات اللاحقة، بعد 48 ساعة تقريباً، ترفع عن الألواح الفولاذية ثم يتم التحقق من سلامتها وتصحيحها وتسوية حوافها، وقد تثقب إذا لزم الأمر، ثم تترك منضدة طوال شهر تقريباً في غرفة رطبة للتقسية، ويمكن أيضاً صنع قطع مشكلة، بتغيير شكل الصفائح قبل أن تجف، وتصنع الأنابيب بلف العجينة حول أسطوانة معدنية يساوي قطرها الخارجي قطر الأنابيب الداخلي، وتُخضَع العجينة عندها إلى ضغط عالٍ جداً، وتلف في طبقات رقيقة متعاقبة حتى بلوغ الثخن المطلوب الذي يراوح بين 6 و50ملم، تبعاً لقطر الأنبوب واستعماله، وتراوح أقطار الأنابيب بين 50 و5000ملم، وبعد بقاء الأنابيب في الماء بضعة أيام تحفظ في غرفة التقسية، ويمكن تَجنُّب زمن التقسية بمعالجة المواد، قبل جفافها، في الموصَدة autoclave بضع ساعات، وبدرجة حرارة مقدارها 170 درجة مئوية، وبضغط مقداره 8بار،

وعندها تتعين الاستعاضة عن جزء من الإسمنت برمل كوارتزي، فيتسارع تفاعل التميّه ويرافقه تفاعل سيليسي كلسي بين السيليس والكلس المتحرر في التميه.

خواص الإسمنت الأمينتي:

للإسمنت الأمينتي ميزات كثيرة من أهمها مقاومته للتأثيرات الخارجية الطبيعية والصنعية، وعمره المديد، وتجانسه الذي يعتمد على نوعية مواده الأولية وتقنية صنعه، وتتحدد الخواص الميكانيكية للإسمنت الأمينتي بالقيمة الحدية للإجهادات الميكانيكية التي تتعرض لها الأنابيب والصفائح عند الصنع، وتتعلق هذه القيمة بالضغط المطبق لإنتاج هذه المواد، وبنوعية الاستخدام، وبالوزن النوعي للإسمنت المنتج، وبنوعية الإسمنت المستعمل في صنع الإسمنت الأمينتي (برتلندي أو سيليسي)، وتحدد إجهادات الشد في صنع الأنابيب لكي تراوح بين 200 و550كغم/ سم^2، وفي صنع الصفائح لكي تراوح بين 200 و450كغم/ سم^2، وباستعمال الإسمنت السيليسي عوضاً عن البورتلاندي تزداد مقاومة قطع الإسمنت الأمينتي بنحو 10- 20٪، وتزداد هذه المقاومة مع الزمن وتصل إلى 90- 95٪ من المقاومة الكلية بعد 28 يوماً من بدء التصلب.

وتتحدد مرونة الإسمنت الأمينتي بالنسبة بين قيمة الإجهادات التي تتعرض لها المواد ومقدار التشوه الذي يظهر بتأثير القوى الخارجية، ويزداد عامل المرونة بازدياد نسبة ألياف الأمينت في الخليطة.

ومن خواص الإسمنت الأمينتي الأخرى مقاومته أحمال الصدم (الطرق)، ويعبر عنها بالعمل الضروري تنفيذه لتحطيم المواد، وكذلك مقاومته لنفوذ الماء والغازات، وتعد هذه الناحية من الخواص المهمة فيما يتعلق بالأنابيب، ويكون نفوذ الماء من المسام، وتقل المسامية بالتدريج مع الزمن، والمسامية في الإسمنت الأمينتي قليلة على العموم بالموازنة بينه وبين الإسمنت البورتلاندي.

أما انكماش منتجات الإسمنت الأمينتي عند التصلب فمردها إلى انخفاض الرطوبة التدريجي فيها عند تصلبها في الهواء، وعندما يتم تصلبها في الماء يقل مقدار

الانكماش، كذلك قد تتأثر منتجات الإسمنت الأمينتي بالرطوبة تأثراً واضحاً فيصيبها التشوه، لذا يترك فراغ حر مقداره نحو 10ملم عند تركيب الأنابيب للتشوه الطولي الذي ينتج من رطوبة الأرض.

والإسمنت الأمينتي مقاوم للصقيع، فانخفاض درجة حرارة الجو يؤثر تأثيراً ضعيفاً في خواص الإسمنت الأمينتي إذا كانت المسام فيه خالية من الماء، أما إذا كانت مملوءة بالماء فإن ضغط الماء المتجمد يؤثر في جدران هذه المسام ويحدث إجهادات شد قد تؤدي إلى التخريب، كذلك فإن الإسمنت الأمينتي مقاوم للحرارة نسبياً، فعندما يسخن الإسمنت الأمينتي يتبخر الماء الموجود في المسام، ويكون تبخره كلياً في درجة الحرارة 200م، وللحصول على إسمنت أمينتي مقاوم لدرجات الحرارة العالية، يستعمل نوع خاص من الإسمنت يتألف من 60٪ من إسمنت بورتلاندي عالي المحتوى من الآليت ومنخفض المحتوى من السيليت ومن 40٪ من مسحوق ناعم من الرمل العالي المحتوى من السيليس.

أما الخواص الفيزيائية للإسمنت الأمينتي فأهمها الكثافة (غم/سم^3)، والمسامية ويعبر عنها بنسبة مئوية، والوزن النوعي ويعبر عنه في درجة معينة من الحرارة بـ غم/سم^3، وامتصاص الماء ويعبر عنه بنسبة مئوية.

وأما خواصه الكيمياوية ففي مقدمتها أن صفائح الإسمنت الأمينتي لا تتأثر بالمواد الكيمياوية إلا نادراً، في حين تتعرض أنابيب نقل المياه والنفط والغاز المعدنية أو الإسمنتية لذلك التأثير، ويفضل لهذه الغاية استعمال الإسمنت السيليسي في صنع الإسمنت الأمينتي لأنه أقل تأثراً بالمواد الكيمياوية من الإسمنت البورتلاندي العادي.

ضبط الجودة في الإسمنت الأمينتي:

أهم ما يجب أن يراقب لضبط جودة الإسمنت الأمينتي المواد الأولية التي يتألف منها وهي الأمينت والإسمنت والماء والمواد المضافة، وتحدد نوعية هذه المواد في المخبر في كل مرة، ويتم التأكد من مدى تطابق الأمينت، من حيث خصائصه، مع العملية الإنتاجية، ومن تطابق الإسمنت مع المواصفات الموضوعة من حيث التركيب

والنعومة والأغراض التي يجب أن تتحقق في المنتج النهائي، ويراعى كذلك أن تتوافر جميع الشروط اللازمة عند تكوين عجينة الإسمنت الأمينتي في العمليات اللاحقة، وتحدد كل المقاييس والأبعاد والمواصفات اللازمة على أساس الشروط الموضوعة لإنتاج الصفائح والأنابيب.

تصنيف منتجات الإسمنت الأمينتي واستعمالاتها:

يمكن تصنيف منتجات الإسمنت الأمينتي في: صفائح لتغطية السطوح، وصفائح لتغطية الجدران، وصفائح للعزل الكهربائي، ولوحات للتزيين، وأنابيب مختلفة الأقطار.

ومن صفائح تغطية السطوح ما يكون للأبنية السكنية وهي صفائح مموّجة في الغالب، وميازيب للمياه، ومنها ما يكون للأبنية الصناعية بشكل صفائح مموجة كبيرة المقاييس، ومن الصفائح ما يكون لتغطية السطوح المعرضة للحرارة أو لتغطية السطوح غير المعرضة للحرارة.

وأما صفائح الجدران فقد تكون لتغطية جدران الأبنية السكنية، الخارجية أو الداخلية، أو للقواطع والحواجز، وقد تكون للأبنية الصناعية فتكون كبيرة المقاييس مموّجة أو غير مموجة وتكون مقاومة للحرارة والحريق.

وأما صفائح العزل الكهربائي فتطلى بأجسام عازلة كالقطران لأن الماء يملأ المسام ويفقد الصفائح قدرتها على العزل.

وأما لوحات التزيين فتكون ملونة وبأشكال متنوعة وتستعمل في الأبنية السكنية وفي الدوائر الحكومية وفي صالات الاجتماعات وغيرها.

وأما الأنابيب فتصنع بضغط أو بغير ضغط، وتستعمل الأنابيب المضغوطة لنقل المياه والسوائل النفطية والغازات، وتستعمل الأنابيب غير المضغوطة لتمديد كبلات الهاتف والكهرباء والبرق الأرضي والمداخن وغيرها.

الاسمنت البورتلاندي : Portland cement

عام 1824م حصل البريطاني جوزيف اسبن عامل البناء البسيط على براءة اختراع الاسمنت الذي اكتشف طريقة صنعه بمطبخ منزله، قام المخترع المذكور بتسخين خليط من الحجارة الجيرية والطين (Clay) بفرن منزله قبل أن يقوم بطحن ذلك الخليط وتحويله إلى بودرة صانعاً اسمنت هيدروليكي يتصلد فور إضافة الماء إليه، قام المخترع البريطاني بتسمية اختراعه بالاسمنت البورتلاندي تيمناً باسم المنطقة التي جلب منها الأحجار التي قام بطحنها وصنع الاسمنت منها وهي جزيرة بورتلاند على السواحل البريطانية، بهذا الاختراع قاد اسبن قاعدة ما يمكن أن يسمى اليوم بصناعة الاسمنت البورتلاندي.

مراحل التصنيع:

الاسمنت البورتلاندي المكون الأساسي لتصنيع الخرسانة هو عبارة عن اسمنت سيليكات الكالسيوم مصنوع من مجموعة من الكالسيوم والسيليكون والألمنيوم والحديد، لإنتاج أسمنت يحتوي على مواصفات كيميائية وفيزيائية محددة وخاصة يحتاج إلى عناية وتحكم خلال عملية التصنيع.

الخطوة الأولى في عملية تصنيع الاسمنت هو الحصول على المواد الخام للتصنيع، بشكل عام المواد الخام تتكون من أحجار جيرية (صدفية أو طباشيرية) (Shells or chalks) وطين الصلصال أو الرمل أو خام الحديد ويمكن أن يتم استخراج هذه المواد الخام من مناطق تكون قريبة من المصنع عادة، يتم تقليص المواد الخام بعمليات سحق أولية ثم بعملية أخرى ثانوية للوصول إلى الحجم المناسب للحبيبات المراد استخدامها في عملية التصنيع.

في البداية يتم تفتيت الصخور إلى خمسة انشات (125 ملم) بعدها يتم سحقها لتتفتت إلى (4/3 انش) (19 ملم).

بمجرد وصول المواد الخام إلى المصنع يتم تقسيمها وتوزيعها حسب الخصائص الكيميائية التي يراد تصنيع الاسمنت بها وحسبما تناسبت المواد الخام مع بعضها لصنع الاسمنت ذو الخصائص المطلوبة.

هناك طريقتين لتصنيع الاسمنت: الطريقة الجافة والطريقة المبتلة وشرح العمليتان كالتالي:

1- الطريقة الجافة: يتم اختيار المواد الخام الجافة وتطحن حتى تتحول إلى بودرة ناعمة ثم تخلط جميع أنواع البودرة الناتجة من مختلف المواد الخام وتودع بداخل فرن لتسخن وهي في حالة جافة تماماً بدون إضافة أي سوائل.

2- الطريقة المبتلة: يتم مزج المواد الخام المنتقاة لتناسب بعضها بالماء بشكل صحيح لخلق نوع من المزيج يسمى (Slurry) ثم سحق المزيج ويخلط وهو في حالة المزيج المذكور بعدها يوضع المزيج في فرن اسطواني مائل ويدور حول نفسه، يجب أن يتم إضافة المزيج بمعدل يتم التحكم به من خلال ميلان الفرن وسرعة حركة دورانه، وقود الحرق لهذه الأفران يتكون من الفحم المطحون أو من الغاز الطبيعي ويكون مصدر الحرارة في قاع الفرن لتصل درجة حرارة المواد الخام بداخل الفرن إلى حوالي (1430- 1650) درجة مئوية، عند درجة حرارة (1480 درجة مئوية) سلسلة من التفاعلات الكيميائية تحدث للمواد الخام لتنصهر هذه المواد وتشكل كرات الاسمنت القاسية رمادية اللون التي تسمى (Clinker).

يتم إخراج هذه الكرات من أسفل الفرن وهي حمراء متوهجة الحرارة ليتم تحويلها إلى أنواع مختلفة من طرق التبريد لتخفيض درجة حرارة هذه الكور إلى درجة يمكن التعامل معها، الكرنكر البارد يتم إضافة الجبس إليه ويطحن إلى مسحوق ناعم تتلائم نعومته مع المشخل رقم (200) أو مقاس (75 ميكرو)، هذا المسحوق الرمادي اللون هو الاسمنت البورتلاندي.

أنواع الاسمنت البورتلاندي:

للإسمنت البورتلاندي أصناف كثيرة منها الإسمنت السريع التصلب، والإسمنت المنخفض الحرارة، والمقاوم للكبريتات، والفقاعي (ذو المسام)، والكتيم، والمقاوم للجراثيم، والألوميني، والنفطي، والمغنيسي، والحديدي،

والبزولاني، والقابل للتمدد، وإسمنت الطرقات، والإسمنت المخلوط، وتميز هذه الأصناف في كل دولة بحسب مواصفاتها القياسية والأصول المرعية لديها، وقد يعطى كل نوع منها رمزاً أو رقماً يدل عليه.

فهناك عدة أنواع من الاسمنت البورتلاندي يتم تصنيعها لتلائم أنواع مختلفة من المتطلبات سواء كانت متطلبات فيزيائية أو كيميائية.

الجمعية الأمريكية للاختبارات والمواد (ASTM) قررت وجود 8 أنواع من الاسمنت البورتلاندي وهي:

1- النوع (I) وهو الطبيعي ويستخدم للاحتياجات الإسمنتية العادية في المشاريع الإنشائية مثل المباني والجسور والأرضيات والطرق وأنواع الخرسانة المنتجة (OPC).

2- النوع (IA) هو قريب الشبيه من النوع الأول بالإضافة إلى حمله لخاصية حفظ الهواء بداخل الخلطة الخرسانية.

3- النوع (II) ينتج أقل كمية من الحرارة (الامهه) في أقل معدل للتصلد وله قدرة متوسطة على مقاومة هجوم الكبريتات (SRC).

4- النوع (IIA) وهو شبيه بالنوع الثاني وينتج منه الخرسانة الحافظة لفقاعات الهواء بداخلها.

5- النوع (III) هو الاسمنت سريع التصلد وهو يسبب تصلد الخرسانة السريع واكتسابها القوة بوقت قصير، هذا النوع شبيه من الناحية الكيميائية والفيزيائية للنوع الأول إلا أن الفرق أن حبيباته أقل صغر وأكثر دقة.

6- النوع (IIIA) وهو اسمنت يجمع بين صفتين وهما حافظ لفقاعات الهواء ومكتسب سريع لقوة مبكرة للخرسانة.

7- النوع (IV) وهو منتج للقليل جداً من الحرارة أثناء عملية الامهه ويكسب الخرسانة قوة بمعدلات بطيئة نتيجة حرارة الامهه القليلة التي ينتجها مما يعني أن التفاعل بداخله يتم بصورة بطيئة للغاية وتحتاج إلى وقت طويل وربما يصل إلى 80٪ من القوة المطلوبة منه بعد خمس سنوات من الصب وهو أسمنت

نموذجي للاستخدام في السدود وفي المنشآت التي يتطلب إنشائها كميات كبيرة من الخرسانة التي قد تسبب حرارة الاماهه فيها إلى تشققات تؤثر على كفاءة المنشأة وطريقة عملها وفائدتها كالسدود مثلاً.

8- النوع (V) وهو يستخدم فقط في الخرسانة التي ستتعرض لهجوم قاسي من تفاعلات الكبريتات وبشكل خاص يقصد بها قواعد المباني التي تتعرض مباشرة للتربة والمياه الجوفية التي تحوي نسبة عالية من الكبريتات.

الاسمنت البورتلاندي الأبيض:

بالإضافة إلى الأنواع الثمانية التي تم ذكرها يوجد عدد من الاسمنت الخاص الذي يتم إنتاجه وتصنيعه من بين هذه الأنواع الخاص يوجد الاسمنت البورتلاندي الأبيض وهو مماثل للاسمنت الرمادي، فقط اللون هو الفرق، ويتم تصنيعه بان يتم اختيار المواد الخام (في مرحلة التقسيم) التي لا تحتوي أو بها نسبة ضئيلة جداً من أكاسيد الحديد والمغنيسيوم وهما المادتين اللتين يعطيان اللون الرمادي للاسمنت، ويمكن أن يستخدم كما يستخدم الاسمنت البورتلاندي تماماً في خلطات الخرسانة ولصنع المورتر وكل شيء يمكن تصنيعه بالاسمنت الرمادي يمكن صنعه بالاسمنت الأبيض، إلا أن متطلبات الإنتاج من حيث اختيار المواد الخالية من أكاسيد الحديد والمغنيسيوم والاختبارات ووفرة هذه المواد المحتوية على الأكاسيد بشكل أكبر اتفقت على استخدام الاسمنت الرمادي بشكل عام والاسمنت الأبيض بشكل خاص للمشاريع التي يحتاج شكلها وديكورها إلى اللون الأبيض في الخرسانة أو في التشطيبات.

الاسمنت المخلوط:

يتم إنتاج هذا النوع من الاسمنت بخلط الاسمنت بنوع أو اثنين من المواد الإسمنتية مثل (الرماد المتطاير أو غبار السيليكا أو خبث الأفران) مما يكسب الاسمنت صفة إضافية لا يمكن أن تكون به لولا هذه الإضافات والمخاليط مثل إمكانية صنع خرسانة أقل مسامية وأكثر متانة وأقل إنتاج للحرارة وأكثر قوة عند

التصلد، يتم إنتاج هذا النوع من الاسمنت بنفس طرق إنتاج الأنواع الأخرى من الاسمنت، يجب أن تضاف هذه المواد الإسمنتية بنسب معينة إلى حجم أو كتلة الاسمنت الأساسية لتعطي النتائج المطلوبة وقد أسهب الكود الأمريكي في شرح طرق استخدام هذه المواد الإسمنتية وطرق إنتاجها وكميات الإضافات، إلا أنها قليلة الاستخدام في البلدان العربية لقلة المصانع التي تنتجها ولارتفاع سعرها سواء بالاستيراد أو التصنيع لقلة الطلب عليها لعدم الاهتمام بفوائدها من ناحية ولصغر المنشآت الخرسانية العربية مقارنة بمثيلاتها الأمريكية في الحجم والقوة والمواصفات... الخ.

مكونات الإسمنت البورتلاندي:

يتألف الكلنكر من مكونات رئيسة ومكونات ثانوية، ولكل منها أثرها في تحديد مواصفات الإسمنت وخصائصه، والمكونات الرئيسة أربعة:

الأول هوسيليكات ثلاثي الكالسيوم وتعرف بالأليت وتركيبه الكيمياوي $CaO.SiO_{2}3$ وهو المسؤول الرئيسي عن التصلب المبكر والتماسك الأول في عجينة الإسمنت والماء، ويمكن أن يكون في عدة أشكال بلورية بحسب معدل حرارة تكوُّنه وتبرُّده.

والثاني هو سيليكات ثنائي الكالسيوم وهو البليت وصيغته الكيمياوية $CaO.SiO_{2}2$ وهو بطيء التصلب وله عدة أشكال بلورية ويسهم إسهاماً كبيراً في تماسك الإسمنت، على ألا تزيد نسبته على الحدود المسموح بها.

والثالث هو ألومينات ثلاثي الكالسيوم وهو مركب غير مستقر صيغته الكيمياوية $CaO.Al_{2}O_{3}3$ وينصهر في درجات حرارة تقارب 1539°، شره للماء يتفاعل معه بسهولة في حالته النقية، ويطلق كمية كبيرة من الطاقة الحرارية، ويمكن أن يوجد في أشكال بلورية متنوعة، وأهم خواص هذا المركب أنه مسؤول عن عملية الانجماد والتصلب البدئيين، وتبلغ نسبته في الكلنكر نحو 7- 15٪.

أما الرابع فهو ألومينات حديدات رباعي الكالسيوم ويعرف بالسيليت celite وصيغته $4CaO.Fe_2O_3.Al_2O_3$ ويوجد في الكلنكر بنسبة 8- 20٪، وهو مركب سريع التميه في الدقائق الأولى من خلط الإسمنت بالماء، ويعطي الإسمنت لونه الرمادي.

أما المكونات الثانوية فتشتمل على المواد التالية:

الأول هو الكلس الحر، ويعد وجوده في الكلنكر من علامات قلة الجودة ويسمح به في حدود ضيقة، فإذا فاضت نسبته عن الحد المسموح به فقد تتسبب في فساد الصبة الخرسانية (عدم ثباتها) وتمددها.

والثاني هي المغنيسيا MgO وتكون موجودة في العادة في المواد الخام المستقدمة من المقالع في صيغة كربونات المغنيسيوم $MgCO_3$، وإذا زادت هذه المادة في الخليطة الأولية على 5٪ فإنها تؤدي بحسب نوعية التبريد، إلى تشكلات بلورية حرة لها خاصية التمدد والانجماد وهي خاصية سلبية تؤثر في نوعية الإسمنت.

والثالث هو قلويات متعددة من نوع أكسيد الصوديوم أو البوتاسيوم موجودة أصلاً في خامات المقالع بنسب متفاوتة، وهي تتداخل مع مركبات الإسمنت الأساسية في أثناء عملية الشيّ وتؤثر إيجاباً في سرعة تكون الكلنكر لأنها تخفض حرارة الشيّ كما تؤثر سلباً في معدات الأفران، وفي الصبات الخرسانية إذ تتحد بركام الحصى والرمل فتسبب تشققات في الخرسانة.

والرابع هو ثالث أكسيد الكبريت SO_3 ويتكون في الكلنكر من مصدرين أساسيين أولهما الوقود المستعمل في الشيّ وهو يحوي نسبة عالية من الكبريت، وثانيهما خامات المقالع التي قد تشتمل على كبريتات الصوديوم أو البوتاسيوم أو الكالسيوم، وتأثير الكبريتات مهم جداً في الإسمنت، وكل زيادة أو نقص في نسبتها تؤدي إلى مشاكل إنشائية ذات بال.

أما الخامس فيتألف من مركبات ثانوية أخرى تعتمد على طبيعة الخامات المقلعية كأكسيد التيتانيوم وأكسيد الكروم وأكسيد الفوسفور وغيرها، ولهذه

المركبات تأثيرات إيجابية إذا كانت في حدود معينة، وسلبية عندما تزيد على هذه الحدود.

والسادس هو الجص، يضاف الجص (كبريتات الكالسيوم المميّه) $CaSO_4.2H_2O$ في أثناء طحن الكلنكر وبعد الشيّ وتكون نسبته 4- 6٪ من الحجم اعتماداً على نسبة ثالث أكسيد الكبريت الموجودة في الكلنكر، ويتم التحكم في كمية الجص المضاف تبعاً لنقاوة الإسمنت وخواصه المطلوبة، والغرض من إضافة الجص ضبط زمن تجمد المزيج الإسمنتي مع الماء والجبلة عند صب الخرسانة أو استعماله ملاطاً لكي يبقى هذا المزيج طرياً قابلاً للتكييف عدة ساعات قبل أن يتصلب، أما إذا كان الإسمنت خالياً من الجص فقد يتصلب المزيج فوراً قبل صبه في قوالبه، كذلك قد تؤدي زيادة نسبة الجص في الإسمنت إلى ارتفاع نسبة التمدد وحدوث تشققات في الصبات الخرسانية.

أما السابع فمواد فعالة سطحياً تضاف إلى الكلنكر والجص، في أحيان كثيرة، مثل البُزّولانات ورماد الخشب والجير المحروق والكلس والرمل وغيرها للحصول على مواصفات نوعية للإسمنت تتماشى مع متطلبات الإنشاء والاقتصاد.

خواص الإسمنت البورتلاندي:

هناك سلسلة من التفاعلات التي تحدث بين مركبات الإسمنت والماء والخلطة التي تضاف إليه عند صب الخرسانة، وأهم هذه التفاعلات هو تميه سيليكات الكالسيوم التي تؤلف هلاماً غروياً، يعرف باسم سيليكات الكالسيوم المائية، تحيط ذراته بكل جزيء من خلطة الخرسانة وتغلفها وتربط الكل في كتلة جلمودية صلبة، وتتحول معظم مكونات الإسمنت إلى مركبات بلورية شديدة التماسك، ويتحدد سلوكها بعوامل كثيرة منها صفات الإسمنت ونعومته ونسبة الإسمنت والماء وتكوين الصبة وطبيعتها والوقت المتاح للتصلب ودرجات الحرارة ووجود الهواء المخلخل في الصبة.

وتتحدد خواص الإسمنت الأساسية بالكثافة واللون والتصلب والميوعة وثبات الحجم والنعومة والمتانة ومقاومة الضغط.

الكثافة: وهي تراوح بين 3- 3.2 أما الكثافة الظاهرية فتختلف بحسب نوعية مواد المزيج أي كمية الإسمنت بالكيلو غرام في المتر المكعب الواحد من الصبة، ومتوسط كمية الإسمنت فيها 1280- 1440كغم/ م^3.

اللون: يكون لون الإسمنت البورتلاندي رمادياً ضارباً إلى السواد في العادة، ويعتمد اللون على كمية السيليت في الكلنكر وجودة الشي.

التصلب setting: من الصعب تحديد خاصة التصلب في الإسمنت بسبب اختلاف نسب مركباته الكثيرة التي تؤثر في تميه الإسمنت، ويمكن تمثيل عملية التصلب مع الماء بعجينة متميعة لا تلبث أن تصبح عجينة متبلورة عالقة في محلول زائد الإشباع ثم تتحول إلى كتلة متماسكة ثابتة من شبكة بلورية كثيفة ومتصلبة.

الميوعة fluidity: يأخذ الإسمنت قوام العجينة الثقيلة عندما تكون نسبة الماء المضاف25- 35٪، فإذا زادت هذه النسبة تزداد العجينة ميوعة، والعكس صحيح، كذلك تتأثر ميوعة العجينة بمحتوى الإسمنت من ألومينات ثلاثي الكالسيوم، إذ تزداد الميوعة إذا بلغت نسبة هذه المادة 14٪ أو زادت عليها.

ثبات الحجم volume stability: وهو من خواص الإسمنت المهمة إذ يجب أن يبقى الحجم ثابتاً بعد التصلب في حدود ضيقة لكي لا تحدث تشققات أو شروخ في الصبة الخرسانية، ومن أهم أسباب عدم ثبات الحجم ارتفاع نسبة الكلس الحي ونسبة المغنيسيا في الإسمنت إضافة إلى سوء الشيّ بسبب خشونة خامات المقالع.

النعومة finesse: وهي كذلك من خواص الإسمنت المهمة، فكلما ازداد الإسمنت نعومة ازداد تماسكه البدئي وتحسنت خواصه وتحسن سلوك مواده في التفاعل، وازدادت شراهة العجينة الإسمنتية إلى الماء، وقد يتطلب ذلك زيادة كمية الجص اللازمة لضبط زمن التصلب.

المتانة strength: إن تطور تميه الإسمنت يؤدي إلى انسداد المسام في الكتلة المتصلبة، والمتانة تمنح الإسمنت ميزاته الفيزيائية والميكانيكية، وتعتمد المتانة على العوامل التالية:

- المسامية porosity: وهي في مقدمة العوامل التي تؤثر في متانة الإسمنت، فكلما ازدادت المسامية انخفضت متانة الإسمنت وبالعكس، وترتبط المسامية ارتباطاً وثيقاً بدرجة التميه.
- معدل الماء إلى الإسمنت: وهو يؤثر في القوة الرابطة وفي متانة الإسمنت، ويتعلق هذا المعدل بنوعية الإسمنت المستعمل وحجم الكتلة الإسمنتية وتركيب الإسمنت الكيمياوي والبلوري وطريقة خلطه بالماء.
- الحرارة: إن لدرجات الحرارة تأثيراً مهماً في القوة الرابطة ولاسيما في الأيام الأولى من الإماهة، أما في المراحل المتأخرة فيكون تأثيرها ضعيفاً، وتتناسب القوة الرابطة طرداً مع درجات الحرارة.
- مقاومة الضغط: يُميَّز الإسمنت بمقاومته للضغط بعد يومين وبعد سبعة أيام وبعد ثمانية وعشرين يوماً من لحظة إعداد الخلطة، ويتم ذلك على مواد اختبارية من ملاط نظامي وعينات خرسانية ذات مواصفات خاصة تنص عليها المقاييس الدولية والحكومية وتتبع في ذلك طرائق اختبار فيزيائية و ميكانيكية محددة.

الإسمنت : cement

الإسمنت cement رابط مائي ذروري مصنّع غير عضوي له خاصة التفاعل مع الماء وتكوين عجينة لدنة قادرة عند تصلبها على ربط الرمل والحصى والحجارة التي تخلط بها، وبذلك يتشكل الملاط mortar والخرسانة beton المقاومان لتأثير العوامل الطبيعية والماء تأثيراً مديداً، يعد الإسمنت من أهم مواد البناء، ويرجع تصلبه إلى التفاعلات الكيمياوية القائمة على تميّه hydratation سيليكات الكالسيوم وألوميناته وكبريتاته التي يتركب منها، وأنواعه كثيرة أشهرها وأكثرها انتشاراً "الإسمنت البورتلاندي" الذي يعرف في بعض البلاد العربية باسم "الإسمنت الأسود" أو "التربة السوداء".

لمحة تاريخية:

الإسمنت في الأصل كلمة معربة عن اللاتينية caementum، ويقصد منها مسحوق الحجارة والرخام الذي كان يستخدم رابطاً لأحجار البناء زمن الرومان، ويطلق اسم الإسمنت في اللغات الأوروبية على كل رابط عضوي أو غير عضوي كالصمغ والهلام واللدائن والمعجونات وسبائك اللحام والإسفلت والإسمنت المائي.

إلا أن استعمال أنواع الإسمنت المائي في البناء والطرق غدا الأكثر أهمية، وأصبح مصطلح الإسمنت- إذا لم يحدد- يدل على الإسمنت العادي (البورتلاندي) خاصة، أما أول مادة رابطة مصنعة عرفها الإنسان منذ القدم فهي الجص (كبريتات الكالسيوم المميّه) plaster والكلس الحيّ (أكسيد الكالسيوم CaO)، وكانوا يحصلون على هاتين المادتين من شيّ الجص غير النقي والحجر الكلسي (فحمات الكالسيوم)، وقد استعملهما المصريون القدماء في إقامة منشآتهم الحجرية الضخمة ولاسيما الأهرامات، كما استعملهما الإغريق، وكانت أحجار الأبنية قبل ذلك ترضم من غير رابط، أو يربط بعضها ببعض بالغضار أو الحُمر bitume كما في بابل وأغاريت واليونان، واستعمل الرومان الكلس بكثرة في أبنيتهم، وأضافوا إليها خلطات من البزُولان الطبيعي pouzzolane (وهو رماد بركاني نشط أساسه السليس والألومين وأكسيد الحديد) وأضاف غيرهم مسحوق الآجر ورماد الحطب لإكساب تلك المعجونات قدرة التصلب بالتميُّه والتماسك مع الحجارة المحاطة بها، وحصلوا بهذه الطريقة على رابط مائي اصطلح على تسميته "الإسمنت الروماني" وسماه العرب الملاط الذي هو بالفعل وسط بين الكلس الحي والإسمنت المعروف اليوم، وقد مكن ذلك الرابط البنّائين من إقامة منشآت ضخمة مقاومة لتأثير الماء كالجسور والمرافئ، وظل يستعمل، إلى جانب المواد الرابطة الأخرى، في جميع بلدان العالم القديم إلى أواخر العصور الوسطى، وفي مطلع القرن الثامن عشر أدخلت تحسينات كبيرة على طرائق الشيّ مكنت من إنتاج أنواع محسنة من الكلس المائي، ففي عام 1756 توصل الإنكليزي سميتون Smeaton إلى إنتاج ملاط يشبه الإسمنت الأسود المعروف شبهاً كبيراً، وفي سنة 1796 حصل جون

باركر الإنكليزي على ترخيص لصنع مادة رابطة عن طريق شيّ المَرْل الطبيعي (وهو خليط من الغضار والكلس) ثم طحنه، وقد جاءت هذه المادة مماثلة للإسمنت الروماني في مواصفاتها، وفي عام 1812 باشر الفرنسي لويس فيكا Louis Vicat بحوثاً منظمة في بعض الطبقات الغضارية الكلسية، ونشر في عام 1818 بحثه الأول الذي برهن فيه عملياً على أن الصفات المائية للمواد الكلسية "الهزيلة" maigres تنجم عن احتوائها نسبة من الغضار، وأوصى بأن يشوى خليط من الكلس والغضار بنسب ملائمة للحصول على أفضل مواصفات لهذا الرابط، وبذلك عُدّ فيكا مخترع "الأكلاس" المائية الطبيعية والإسمنت الأسود الصنعي في آن واحد، إلا أن الإنكليزي جوزيف آسبدين Joseph Aspdin، وهو بنّاء آجر من ليدز، هو الذي أطلق اسم "الإسمنت البورتلاندي" على ذلك الرابط المائي الذي توصل إليه بتجارب مشابهة، ونال في عام 1824 براءة اختراعه، وسبب هذه التسمية الشبه الكبير في المظهر، الذي يبديه هذا الرابط عند تصلبه، مع الحجر الرمادي المنتشر في شبه جزيرة "بُرتْلند" الإنكليزية على بحر المانش، وقد شيد أسبدين أول مصنع لإنتاج هذا الإسمنت بطريقته المبتكرة التي عرفت فيما بعد باسم "الطريقة الرطبة"، وتستخدم فيها الأفران البرجية، التي طرأت عليها فيما بعد تحسينات كثيرة.

وفي عام 1825 توصل العالم الروسي ي.غ. تْشيليف E.Geliev، وحده، إلى اختراع نوع من الإسمنت البورتلاندي بشيّ مزيج صنعي من الحجر الكلسي والغضار، وقام هذا العالم بتأليف أول كتاب في صناعة الإسمنت تناول فيه تقنية هذه الصناعة والخواص الفيزيائية والكيمياوية للإسمنت المنتج؛ وظل الأمر كذلك إلى أن بين الإنكليزي جونسون Jonson في عام 1845 قواعد صنع الإسمنت البورتلاندي بدقة، ولاسيما اقتراح أسلوب طحن العجيرات nodules المتلبدة عند شيّ الخليط، والتي كانت تؤلف كتلاً صلبة صغيرة لا ينفذ منها الماء ولا تذوب فيه، وأصبح اسم الإسمنت البورتلاندي مقتصراً منذئذ على الإسمنت المنتج من طحن المواد بعد تلبدها، وقد شهدت هذه الحقبة بداية الصناعة الحقيقية للإسمنت، إذ شيد جونسون المذكور في عام 1851 مصنع يوداليت Yeudalit لإنتاج الإسمنت

البورتلاندي (الأسود)، وتوصل إلى رفع درجة الحرارة في أفرانه إلى 1450 درجة مئوية، وأقيم أول مصنع للإسمنت البورتلاندي في الولايات المتحدة في عام 1876 على يد ديفيد سايلور، وكان الخليط يشوى في أتونات برجية مشابهة لتلك التي يشوى فيها الكلس، وفي عام 1885 أقام فريدريك رانسوم Frederick Ransome أول فرن دوار يعمل بالطريقة الرطبة، ويعد هذا التاريخ خطوة مهمة في تطور صناعة الإسمنت وانتشارها في العالم، وقد أدخل هذا الاختراع إلى الولايات المتحدة الأمريكية أول مرة عام 1899. وفي أواخر القرن التاسع عشر كذلك درس الفرنسي لوشاتولييه Le Chatelier التركيب الكيمياوي لمختلف مركبات الإسمنت، وتابع الأمريكي بوغ Bogue استكمال هذه البحوث وإنجازها، كما توصل الفرنسي بييه Bied سنة 1908 إلى صنع الإسمنت الألوميني، ومع تزايد الحاجة إلى الإسمنت طورت صناعته، وبذلت كل الإمكانات لتحسين نوعيته، وتحسين طرائق إنتاجه والوسائل التقنية المستخدمة لزيادة كمية الإنتاج وتقليل الكلفة، وغدت صناعة الإسمنت مؤشراً مهماً لنمو الفاعليات الإنشائية، كما أصبحت مادة الإسمنت أحد العناصر المهمة في بناء الحضارات الحديثة، وأحد المعايير الأساسية للتطور الاقتصادي.

صناعة الإسمنت:

تشتمل عملية إنتاج الإسمنت اليوم على استخراج الخامات الطبيعية التي يتألف منها وخلطها ببعض المواد ونفايات الصناعة كالرماد وخبث المعادن والصخور والرمل وغيرها، ثم تكسيرها وطحنها لتصبح خلطة متجانسة بالقوام المطلوب، ثم شي الخلطة في درجات حرارة تراوح بين 1450°- 1550°، ثم طحن الناتج- ويسمى الكلينكر- ليصبح ذروراً دقيقاً، مع إضافة قدر ضئيل نسبياً من مواد منشطة أو فعالة كالجص، حتى يأخذ الإسمنت صفاته المرغوب فيها.

أما الطرائق المتبعة في صناعة الإسمنت فهي: الطريقة الجافة والطريقة الرطبة والطريقة نصف الجافة والطريقة نصف الرطبة، ويتوقف اختيار الطريقة

أساساً على عدد من العوامل التقنية والاقتصادية كدرجة تركيز الإنتاج واستهلاك الوقود والطاقة والقوى العاملة.

المواد الأولية واستخراجها:

تتألف المواد الأولية التي يصنع منها الإسمنت البورتلاندي من خامات تحوي مادة الكلس أساساً كالحجر الكلسي والمَرْل والحُوَّار والصَّدف ورماد الحطب والخبث، وكلها غنية بأكسيد الكالسيوم مع أكاسيد أخرى ضرورية كأكاسيد السيليسيوم والألمنيوم والحديد وغيرها، ويجب أن تكون الخلطة الأولية قبل عملية الشي مشتملة على 90- 95٪ من الأكاسيد الأساسية التالية بنسب محددة فيما بينها: أكسيد الكالسيوم أو الكلس الحي وثاني أكسيد السيليسيوم أو السيليس SiO_2 وأكسيد الألمنيوم أو الألمين $Al2O_3$ وأكسيد الحديد $Fe2O_3$، ويضاف إليها نسبة ضئيلة من أكاسيد ثانوية مثل أكسيد المغنيسيوم MgO وأكسيد الصوديوم Na_2O وأكسيد البوتاسيوم K_2O وأكسيد التيتانيوم TiO_2 وأكسيد الفسفور P_2O_5.

ويتم الحصول على هذه الخلطة من مقالع خاصة غنية بالمركبات الأساسية وفي مقدمتها الحجر الكلسي والغضار، ويتألف الحجر الكلسي أساساً من كربونات الكالسيوم $CaCO_3$، ويجب أن تكون نسبتها فيه بين 75 و100٪ وذلك بحسب نوعية الحجر الكلسي، وأما الغضار فيحوي السيليس والألومين وأكسيد الحديد بنسب متفاوتة بحسب الغضار المتوافر، ويمكن استخدام البازلت، وهو صخر بركاني، عوضاً عن الغضار لاحتوائه على المركبات المطلوبة، وإن تركيز هذه المركبات في الخلطة بنسب محددة تماماً شرط أساسي للحصول على الإسمنت المرغوب فيه، وهنا يأتي دور المركبات الثانوية، فهي إما أن تكون مواد مصححة أو مضافة، والمواد المصححة ضرورية لتعديل نسب المركبات الرئيسة وتصحيحها في حال وجود نقص أو لإعطاء الإسمنت صفة معينة، فيضاف الرمل لتعديل نقص السيليس، ويضاف الحديد أو خبث الحديد لتعديل نقص أكسيد الحديد، ويضاف

البوكسيت bauxite لتعديل نقص الألومين وغير ذلك، أما المواد المضافة فتتألف من مواد عضوية أو غير عضوية تضاف إلى الخلطة لتحسين ظروف شيها وتخفيف نسب المواد الفائضة فيها وتقليل استهلاك الطاقة، ويأتي في مقدمة هذه المواد الكلوريدات والفلوريدات والفوسفات والكبريتات وغيرها.

التكسير والطحن والمجانسة:

يشترط قبل شيّ الخلطة في الأفران أن تكون جيدة الخلط وعلى هيئة ذرور ناعم، ويتم الخلط في الطريق بين المقالع التي تأتي منها المواد الأولية وأفران الحرق، إذ يتم استخراج الخامات بالتفجير والحفر بوساطة الحفارات والجرافات، ثم تنقل على سيور ناقلة أو في عربات كهربائية أو قطارات خاصة إلى أماكن التكسير والطحن، فتلتقمها كسارات ضخمة تصمم وفقاً للخواص الفيزيائية والميكانيكية لتلك المواد، وهي إما أن تكون ذات مطارق أو ذات فكين أحدهما ثابت والآخر متحرك، أو أسطوانية أو مخروطية فيها كرات وكتل حديدية تسحق ما بداخلها.

ففي الطريقة الجافة تطحن المواد الهشة من دون تكسير أو تهشيم أولي، وقد يتطلب بعض المواد القاسية كالبازلت والمرمر وبعض أنواع الصخور الكلسية تهشيماً مبدئياً قبل إدخالها المطحنة، ويتم في أثناء الطحن خلط الخامات خلطاً جيداً ونهائياً، وقد يبدأ الخلط من المقلع ويستمر مع مرور المواد الخام في الكسارات فالمطاحن.

وفي الطريقة الرطبة وما يماثلها تجرش المواد الخام بوجود الماء الذي يخفف من قساوتها ويقلل من الاستهلاك النوعي لطاقة الطحن، وتستمر إضافة الماء حتى تصبح الخلطة ثُمْطاً (طيناً رقيقاً) شبيهاً باللبن الرائب، ويتم الطحن في مطاحن أسطوانية ذات كرات فولاذية شديدة الصلابة مختلفة الأقطار، أو في مطاحن رحوية، وقد غدت المطاحن الرحوية هي المفضلة في صناعة الإسمنت الحديثة لأنها توفر الحصول على خلائط شديدة النعومة عالية التجانس ولاسيما عند إتباع الطريقة الجافة، ويتزامن الطحن مع التجفيف في الطرائق الرطبة ومثيلاتها، ويكون ذلك

بترقيد الخلطة المائعة في رواقيد ضخام، أو بتمريرها في مرشحات على شكل "طنابير" drums دوارة مغطاة بالخيش، أو بتبخير الماء في مبادلات حرارية بتمرير تيار من الهواء الساخن، حتى يتم الحصول في خاتمة المطاف على خلطة أولية متجانسة ذات حجم حبيبي يتطابق والمواصفات المطلوبة، ولا تزيد نسبة الرطوبة فيها عند المخرج على 1٪، ثم تمرر الخلطة بعدها على منخل دقيق الثقوب (4900 ثقب/ سم^2) وفارزة تفرز الذرور الجاهز إلى صوامع المجانسة والتخزين، وتعيد المواد الخشنة إلى المطحنة (لا تزيد نسبة هذه المواد على 10- 18٪ من الخلطة).

وتؤخذ من الذرور الجاهز عينات ساعية لمراقبة جودته وتعديل مواصفاته بإضافات جديدة في صوامع المزج والمجانسة من أجل الحصول على الخلطة المناسبة لعملية الشيّ، وعندما تصبح الخلطة جاهزة تفرغ في صوامع تخزين تغذي الأفران الدوارة بالذرور الخام، وقد يلجأ بعض مصانع الإسمنت إلى تجفيف الخلطة وشيها في الفرن في آن واحد اقتصاداً في الوقت والنفقة.

الشيّ: إن تحويل المواد الأولية الخام إلى "كلِنْكَر" clinker، وهي المرحلة الأساسية في صناعة الإسمنت، يتم في فرن دوار أو فرن شاقولي مهما كانت الطريقة المتبعة (جافة أو رطبة)، وفي درجات حرارة تراوح بين 1000 و1450 درجة مئوية، وتعتمد هذه العملية على عوامل مختلفة أهمها التركيب الكيمياوي للمواد الأولية وخواصها الفيزيائية والميكانيكية وحرارة الأفران عند الشيّ ونوعية الوقود المستعمل وطريقة التبريد والطحن النهائي.

تحتل أفران الشيّ المكانة الرئيسة في مصانع الإسمنت وكانت في بدايات هذه الصناعة أفراناً شاقولية مطورة عن أتونات حرق الكلس القديمة، ومازالت أنواع من الأفران الشاقولية شائعة الاستعمال في أوروبا لمردودها الاقتصادي، وقد أدخلت عليها تحسينات كثيرة ساعدت على بقائها لتزاحم الفرن الدوار إلى اليوم، إلا أن معظم المصانع الحديثة تستعمل الأفران الدوارة في خطوط إنتاجها لقدرتها على زيادة طاقة الإنتاج وتحسين نوعيته، والفرن الدوار هو أسطوانة من الصفيح السميك مكسوة من الداخل بكساء مقاوم للحرارة، وتكون مائلة ميلاً خفيفاً على الأفق

(4.3 سم لكل متر واحد) ضماناً لتقدم الكلنكر في داخلها نحو نهاية التفريغ، وتدور الأسطوانة حول محورها الطولي دورة كاملة في كل دقيقة أو دقيقة ونصف، ويراوح طول الفرن الدوار بين 90 و 150م، وقد يصل طول بعض الأفران إلى 185م، أما القطر فيراوح بين 3.5 و5م، ويكتسب الفرن حرارته في العادة من نفث لهب ذرور الفحم المشتعل في الهواء، أو من نفث المازوت أو الغاز المشتعل، ويخضع الخليط في نزوله على طول الفرن إلى تفاعلات عدة وبمستويات حرارة مختلفة.

وتتم في مرحلة الشيّ عمليات إرجاع كيمياوية ومبادلات حرارية يخضع فيها الكلنكر لتبدلات عدة قبل أن يبلغ صيغته النهائية، وأهم هذه التبدلات تبخر الماء الحر في الدرجة 100°- 200°، ونزع ماء التبلور من مركبات الغضار والبازلت تماماً عند الدرجة 500°، وتفكك الكربونات في المجال الحراري 600 و 900° للحصول على الكلس الحي وثاني أكسيد الكربون، وتحول المركبات الغضارية والسيليس إلى بلورات في المجال الحراري 800 - 1100°، ثم حدوث تفاعلات اندماجية بين المركبات في مراحل ثلاث ابتداء من تكون البليت belite ويعرف بالرمز "C_2S" ثم تكون الطور السائل من ألومينات ثلاثي الكلسيوم، ورمزه "C_3A" وألومينات حديدات رباعي الكلسيوم "C4AF" في المجال الحراري 1250-1350°، وأخيراً تكوّن الأليت alite الذي يعرف بالرمز "C_3S" في المجال الحراري 1350- 1450°، وهو أهم مركبات الإسمنت وبه تتحدد خواصه الرابطة، فإذا لم تصل حرارة الفرن إلى الدرجة المطلوبة، فقد يتحول البليت إلى صيغة غير فاعلة عند التبرد، وتتسبب في تفتت الإسمنت مع فقد قدرته على التميه، وفي درجة الحرارة القصوى المذكورة يتحول نحو ثلث الكلنكر إلى الحالة المائعة، وتراعى كذلك عند تبريد الكلنكر قواعد محددة، لأن لمعدل التبريد وسرعته وتدرجه أهمية كبيرة في تحديد نسب التبلور وأطوار التحول، ولكل طور منها أثره الخاص في مواصفات الإسمنت النهائية واستعمالاته.

طحن الكلنكر:

يؤدي تميع مركبات الكلنكر في أثناء الشيّ إلى تكور الناتج في شكل كريات لماعة سوداء اللون مختلفة الحجم تخرج من الفرن إلى أجهزة التبريد، ويتم

طحنها في مطاحن خاصة على هيئة أسطوانة دوارة يراوح طولها بين 8 و20م وقطرها بين 2و4م، ومقسمة إلى حجيرات فيها كرات فولاذ، تهشم الكلنكر وتطحنه ليصبح ذروراً ناعماً، ولدقة حبيبات ذرور الإسمنت قيمة كبيرة في تحديد مواصفاته، إذ يجب ألا تقل المساحة السطحية للحبيبات التي يضمها غرام واحد من الإسمنت عن 1600- 1800 سم^2، وفي مرحلة الطحن هذه تضاف إلى الكلنكر كمية محددة من الجص لا تزيد على 4- 5٪ من حجمه الكلي لتحسين مواصفاته.

الألياف الزجاجية : Fiberglass

تعددت الحلول والهدف واحد إلا وهو الحفاظ على البيئة بطريقة عقلانية يتم فيها الاستفادة من كل ما هو مضر بها، نظراً للتطور التكنولوجي الذي نحن بصدده اليوم، وتعد بقايا النجارة سواء كانت من الخشب، الفولاذ أو الزجاج، من المواد التي تسبب تلوث في المحيط في حال تلفها، فلم ترتئي الدراسات الخاصة بالهندسة المدنية إلا أن تستفيد منها، واستناداً على تجارب قديمة من بينها استخدام بعض الشعوب لمواد طبيعية كالتبن وسعف النخيل وألياف جوز الهند مع الطين كمواد رابطة ومقاومة للتشققات، تم الاستفادة من بقايا النجارة كمواد رابطة ومقاومة للتشققات، وسوف نتطرق هنا إلى إحدى هذه المواد إلا وهي بقايا نجارة الزجاج في تسليح الخرسانة.

نبذة تاريخية:

من المعروف أن قدماء المصريين أول من عرفوا الزجاج وأمكنهم صهره ولكنهم لم يستعملوه كمادة مضافة لمواد البناء، ولكنهم كانوا أول من فكر بإضافة قش القمح (التبن) إلى الطين لمعالجة التشققات الناتجة عن انكماش الطوب وهي نفس الفكرة التي بني عليها تصنيع الخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية بعد أن استبدل الطين بالاسمنت والرمل والتبن (كمادة رابطة) بالألياف الزجاجية، بدأ استخدامها في الاتحاد السوفييتي خلال الفترة (1950- 1960) ثم بدأت الدراسات الأكاديمية الأولى للمعالجة والتطور عام 1961 ومع الوقت بدأت أبحاث إنتاج

الألياف الزجاجية في الولايات المتحدة عام1971، وتم إنتاجها عام 1979 بإضافة مادة مغلفة لها لإعطائها حماية أكبر من التآكل، وفي إطار تطوير صناعة الخرسانة تم إنتاج الخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية في القرن 20 لتكون البديل عن مواد الاكساء الكلاسيكية والطبيعية كالحجر والرخام وغيره وليساهم بشكل عام في الإنشاء العصري اقتصادياً وتقنياً وجمالياً في جميع أنحاء العالم وهي في تطور منذ أكثر من 30 عاماً.

تعريف الخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية:

تعرف الخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية باسمها المختصر، GFRC, GRC وتعني: Glassfiber Reinfroced Concrete

وتتكون في صورتها المبسطة من الاسمنت والرمل وبنسبة اسمنت عالية مضافاً إليها الألياف الزجاجية المقاومة بشكل خصلات يتراوح طولها ما بين (12- 50) ملم.

الخصائص الميكانيكية لـ(GRC)

التركيب: الاسمنت+ رمل ناعم + ألياف زجاجية+ إضافات كيميائية

مواصفات السطح: أملس

اللون: رمادي فاتح

الكثافة للألواح: 1550 كغم/ م^3– 1650 كغم/ م^3

نفاذية الماء: لا يسمح بنفاذ الماء

إجهاد الانحناء (الشد) للألواح: 22 نيوتن/ ملم^2.

الاتجاه العمودي على اتجاه الألياف: 11 نيوتن/ملم^2.

الاتجاه الموازي لاتجاه الألياف:

إجهاد القص: 11 نيوتن/ مم^2 الاتجاه العمودي على سطح اللوح

العزل الحراري: التوصيل الحراري للفيبر 0.9- 5.1واط/ م درجة مئوية.

معامل المرونة: 7- 11 نيوتن/ ملم^2

مقاومة الحريق: لا يشتعل

مراقبة الجودة: تم المصادقة عليه من قبل هيئة خاصة للجودة والنوعية

بالإضافة إلى:

- درجة نفاذيتها للماء 0.1٪
- مقاومة للأملاح والأحماض.
- مقاومة للاحتكاك والكسر.
- رديئة التوصيل للكهرباء.
- ضعيفة التوصيل الحراري.
- تتحمل إجهاد ضغط يصل إلى 50 نيوتن/ ملم^2
- مقاوم للأشعة فوق البنفسجية.

مميزات الخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية:

- تعتبر إحدى المواد الأكثر طواعية المتوفرة للمهندسين والمعماريين.
- هي عملية لإعادة الإنتاج والترميم وذات جمالية عالية صديقة للبيئة.
- تخفف الحمولات على الأبنية بعوامل أمان كبيرة كالهياكل الضخمة والأساسات.
- يمكن تلوينها بالصباغات والدهانات.
- الاكساء بواسطتها يمكن أن يحل محل الخرسانة مسبقة الصنع عندما تكون هناك مشكلة في الوزن والشكل.
- يمكن تشكيل منتجاتها بمقاطع رقيقة بسمك (6- 12) ملم ليكون وزنها أقل بكثير من وزن منتجات الخرسانة مسبقة الصنع المماثلة بالحجم.
- سهلة التصنيع والقولبة لإنتاج الأشكال والتفاصيل الدقيقة كما تعطي اللمس المطلوب للسطوح النهائية بأفضل نوعية.

بالإضافة إلى:

- مقاومتها للتآكل والظروف الجوية الخارجية من حرارة ورطوبة وخاصة الأجواء البحرية.

- عازلة للحرارة والصوت وتتسم بمقاومة عالية للحريق وتسرب المياه.
- عمرها الزمني لا يقل عن 4 أضعاف العمر الزمني للخرسانة المسلحة وذلك من خلال مواصفاتها الفيزيائية والكيميائية العالية.
- غير قابلة لتكاثر الحشرات ونمو الفطريات والمكروبات.
- تتحمل إجهاد كسر يصل إلى 3 أضعاف الخرسانة المسلحة نتيجة للتوزيع المنتظم للتسليح الداخلي للألياف الزجاجية في مختلف الاتجاهات.
- مقاومة شديدة للصلابة والاحتكاك.

طرق تصنيعها:

- **طريقة الرش:**

يتم خلط الاسمنت والرمل والماء والإضافات باستخدام خلاط مروحي ثم ينقل الخليط إلى المضخة التي تضخها إلى الخرطوم وبعد ذلك إلى مسدس الرش الذي يعمل بالهواء المضغوط ويتم الرش بالمسدس على القوالب المجهزة والمدهونة مسبقاً.

- **طريقة الخلط المسبق مع الصب على الهزاز:**

يتم خلط العجينة باستخدام خلاطه دوارة ذات 4 أذرع منحنية ثم يتم الصب في قوالب على طاولة هزازة لتفريغ الهواء وتتخلخل العجينة إلى جميع أجزاء القالب وإعطاء العنصر المنجز سطح أملس نظيف خالي من الفقاعات الهوائية.

المواد الأساسية:

تكون الألياف الزجاجية المستخدمة في صنع ألواح GRC بالخصائص التالية:

معامل المرونة ≤ 70جيجا نيوتن/ م^2

الكثافة النوعية =3.5غم/سم^3

الاسمنت المستعمل في صناعة الألواح هو الاسمنت البورتلاندي العادي يكون الرمل المستعمل في صناعة الألواح من الرمل المغسول والمجفف.

التركيب الكيميائي:

السليكا 96٪

رطوبة 2٪

الأملاح القابلة للذوبان 1٪

الفاقد للاشتعال 0.5٪

مقاس الحبيبات:

1.2 ملم بحد أقصى للألواح المنتجة بالرش.

2.4 ملم بحد أقصى للألواح المنتجة بالصب.

استخدامات GRC:

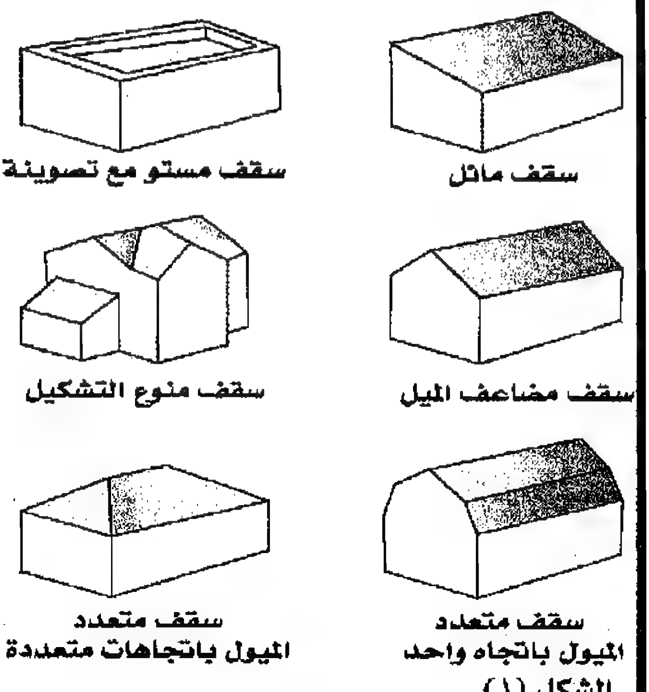
- تكسية واجهات المباني.
- الكورنيشات.
- الأعمدة والتيجان.
- تغطية الأسقف.
- جدران المباني.
- وحدات معمارية وزخرفية مختلفة.
- الشُرَف.
- القباب.
- التماثيل.
- النافورات.
- أحواض الزهور.
- جدران عزل الضوضاء.

إن هذا التقدم العلمي المذهل في عالم البناء الذي عمل على إنتاج مباني عصرية بأحدث مبتكرات العلم الحديث في تكنولوجيا البناء للمباني السابقة التجهيز باستخدام الألياف الزجاجية تجمع بين جمال الشكل المعماري وخفة الوزن وسرعة الإنشاء بالإضافة إلى العزل الحراري الجيد مع المتانة والعمر الافتراضي للمباني التقليدية.

حرف الباء

البناء (تغطية -) : Roofing

يراد من تغطية البناء roofing وضع أو تركيب سقف واحد له، يحميه من المؤثرات المناخية الخارجية ويشمل العناصر الإنشائية الحاملة المكونة لهيكل البناء والتغطيات المعمارية التي تتألف من السقف والسطح، والسطح لغة ظهر البيت وأعلى كل شيء فيه، وهو الوجه العلوي للسقف الذي هو أعلى البيت مقابلاً لأرضه.



الشكل (١)

أسقف شائعة الاستعمال ذات ميول مختلفة

وللأسقف أشكال مختلفة، فمنها المستوي ومنها المائل ومضاعف الميل والمائل المرتكز والمائل المتقاطع والمتعدد الميل والمستوي المركب مع مائل وغير ذلك، ويعدّ السقف المستوي (الأفقي تقريباً) من سمات المناطق ذات المناخ الحار والجاف، كما في مصر والمنطقة العربية عموماً قديماً وحديثاً، أما الأسقف المائلة (الوحيدة الميل أو مضاعفات الميل)، فتنطلق من نهايتي جدارين، وينتهي مضاعف الميل بحرف في القمة، يحدد اتجاه الميلين على جانبيه، وربما كانت الميول متماثلة أو مختلفة أو متعددة، تتقاطع بأضلاع منتظمة أو بتشكيلة تتطلبها طبيعة التصميم ونوع البناء، وتستعمل مثل هذه الأسقف في المناطق الغزيرة الأمطار، وتزداد ميول الأسقف شدة في المناطق التي تكثر فيها الثلوج، كما في معظم المناطق الشمالية من أوروبا، ويشمل ذلك أسقف المباني القديمة والحديثة بجميع أنواعها، سواء أكانت في الريف أم في الضواحي أم في المدن.

مواد السطوح:

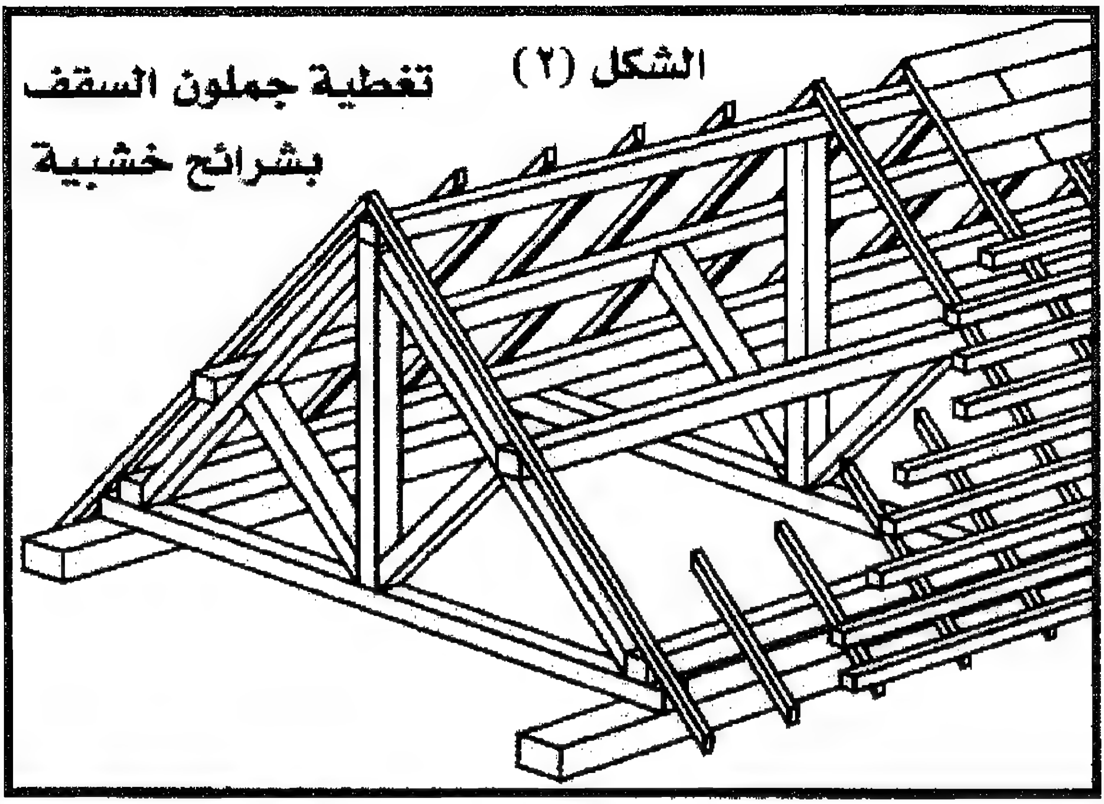
هي المواد المستعملة في سطح البناء تغطيةً للسقف، لحمايته من المؤثرات المناخية، وقد أثبت كثير من تلك المواد جدواه، وأهمها البلاطات الإسفلتية، وبلاطات الآجر الغضاري (قرميد السطوح) والبلاطات الزجاجية، والبلاطات المطاطية والشرائح الإسفلتية والشرائح الخشبية وشرائح الأسبستوس (الأميانت) والألواح الحجرية (الأردواز) والشرائح المعدنية (فولاذ غير قابل للصدأ أو نحاس أو رصاص أو خارصين)، وكذلك التغطيات المجهزة مباشرة في الموقع.

توضع مواد السطح عادة فوق أسقف خشبية، في الأسطح المائلة، تغطيها ألواح من الخشب المعاكس أو ما في حكمه، وتبطن من الداخل بالخشب أو بالأسقف المستعارة أو المكسوة بحسب الحال. و يمكن أن تحمى هذه التغطيات حين الحاجة بالرمل أو الحصى أو ما يفيض عن المنتجات الصناعية الخفيفة أو ما يماثل ذلك.

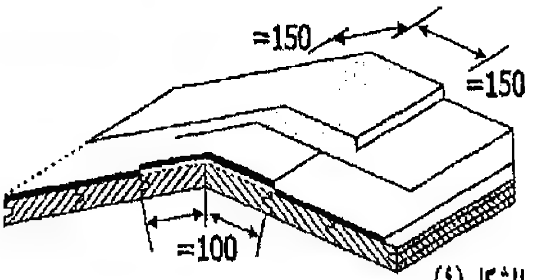
تغطية الأسقف بالشرائح:

توجد أنواع عدة من الشرائح يمكن استعمالها في تغطية الأسقف كالآتي:

1- الشرائح الخشبية: وتستعمل أساساً في تغطية أسقف الأبنية السكنية المائلة، وتختلف الشرائح في أطوالها، ترصف الشرائح أفقياً ويتراكب الصف الأعلى فوق الصف الأدنى، وتثبت بالمسامير على جائز خشبية، كما هو مبين في الشكل(2).

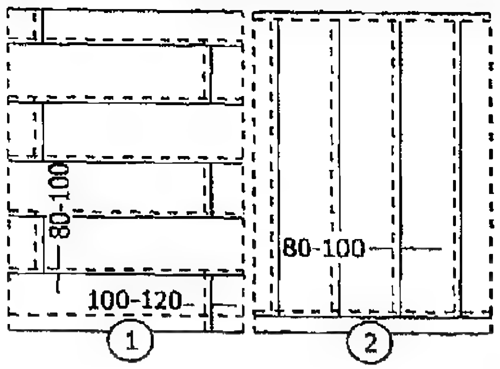


2- الشرائح الإسفلتية: تصنع هذه الشرائح من الإسفلت المقوى باللباد، مع كِسَر من شرائح ملونة مختلفة، وهي تستعمل كثيراً في تغطية أسقف الأبنية لقلة تكاليفها نسبياً ومقاومتها للنار والحريق، وتبدو الأسقف المغطاة بهذه المادة أكثر نعومة، لأن نهايات الشرائح رقيقة نسبياً، تستعمل الشرائح الإسفلتية في الأسقف التي لا تقل ميولها عن 20 درجة، وتوضع طبقتان من هذه الشرائح متعامدتان إحداهما مع الأخرى، ويجب أن تتراكب الشرائح المتجاورة والشرائح المتتالية (الشكل 3)، وأن لا يكون وصل الشرائح المتجاورة على خط مستقيم واحد، ويبين (الشكل 4) طريقة توضع الشرائح باتجاه الميل في منطقة الذروة.



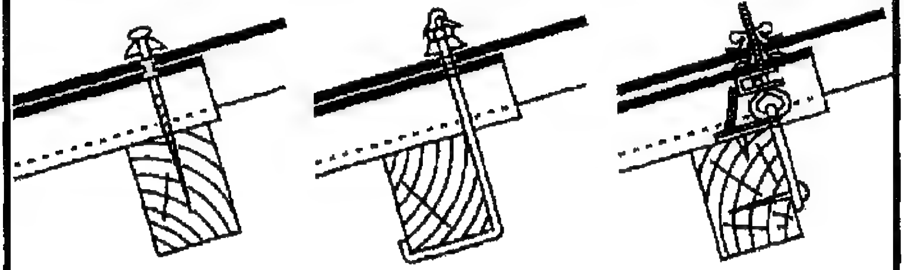
الشكل (٤)

طريقة توضع طبقتين من الشرائح الإسفلتية، بافتراض الريح السائدة من اليسار



الشكل (٣)

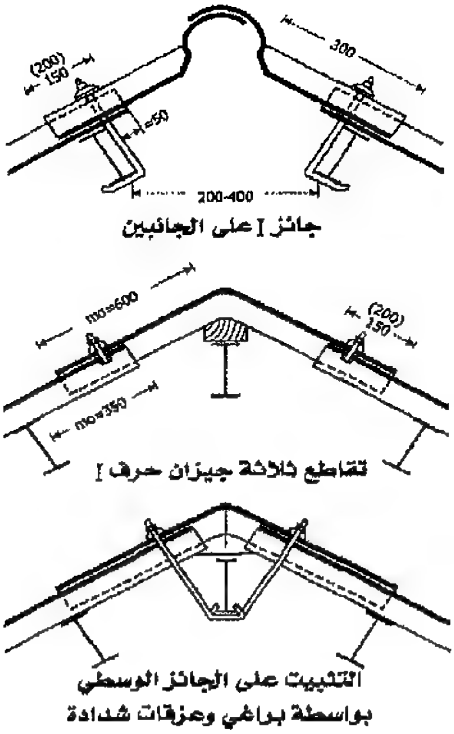
طرائق مختلفة لترتيب الشرائح

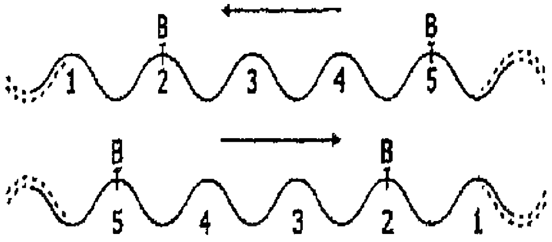


الشكل (٥) تثبيت هياكل ألواح الأسبستوس على هياكل خشبية

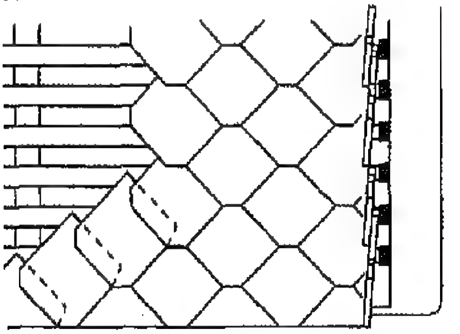
3- شـرائح الأسبستوس: تعدّ شـرائح أو ألـواح الأسبستوس (الإسمنت الأمينتي أو الإترنيت)، من المواد المستعملة بكثرة في تغطية أسقف الأبنية السكنية، وقد صنعت لتحاكي الشرائح الخشبية شكلاً وأبعاداً إلى حد ما، وهي تدوم طويلاً ومقاومة للحريق، لأنها تصنع تحت ضغوط كبيرة، تثبّت هذه الشرائح أو الألواح بالمسامير أو البراغي (اللوالب) على ألواح الخشب المعاكس المغطاة باللباد أو الورق المشرب بالإسفلت المقاوم لتسرب المياه، كما يمكن أن تثبت بمماسك مثنية وملولبة من إحدى نهايتيها (الشكلان 5 و6)، أما شريحة الأسبستوس ذاتها، فإن الشكل 7 يبين مقطعاً عرضياً لها حددت عليه مواقع تثبيتها بالبراغي، ووصلها مع الشرائح المجاورة.

الشكل (٦)
طرائق مختلفة لإغلاق قمة تلاقي ميلين بألواح الأسبستوس

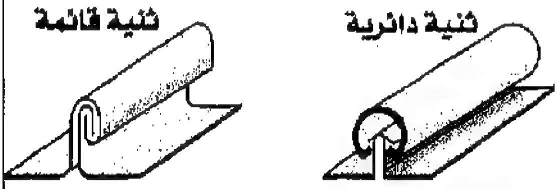




الشكل (٧) طريقة تثبيت ألواح الأسبستوس الموجة والتراكب باتجاه السهم



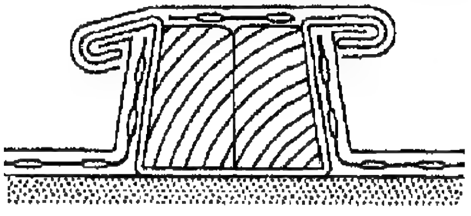
الشكل (٨) تغطية بالأردواز



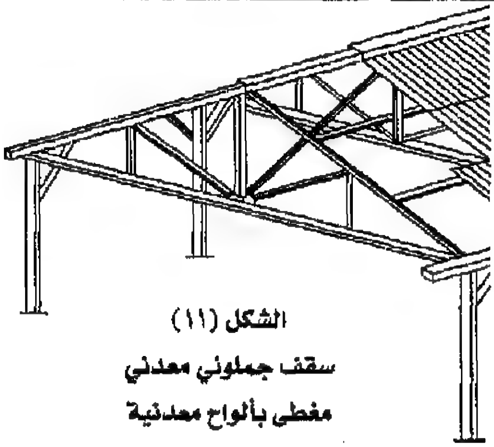
الشكل (٩)
طريقتان لوصل لوحين معدنيين متجاورين بلا براغي (باستعمال الثنيات)

4- شرائح الألواح الحجرية (الأردواز): يمتاز الأردواز بخاصية التطبق، مما يسمح بتشكيله في رقائق، يمكن ثقبها لتثبيتها بالمسامير على شرائح مغطاة باللباد، تعدّ مادة الأردواز مادة مقاومة وتدوم طويلاً، ولكنها ثقيلة الوزن جداً، الأمر الذي يجب مراعاته عند تصميم العناصر الإنشائية الحاملة لهذه الشرائح، وتكون شرائح الأردواز بأطوال قصيرة نسبياً، ويبين الشكل 8 سطحاً مغطى بالأردواز.

5- الشرائح المعدنية: تستعمل في تغطية الأسطح ألواح (صفائح) قليلة العرض من التوتياء (الزنك) أو القصدير أو الرصاص أو الفولاذ غير القابل للصدأ، وهي فعالة في تغطية الأسقف المستوية نسبياً أو ذات الميول الخفيفة، والأسقف المحنية والمحدبة، ويبين (الشكل 9) طريقتين لوصل ألواح المعدن المتجاورة من غير لوالب (براغي)، كما يبين الشكل 10 تفصيلة نموذجية لتغطية فواصل التمدد بثنية مضاعفة من الألواح المعدنية، أما الشكل 11 فيبين منشأة معدنية (فولاذية) ذات سقف جملوني، مغطى بثنية مضاعفة من صفائح معدنية مموجة، تشبه تموجات ألواح الأسبستوس، علماً بأن ألواح المعادن المختلفة تتشابه إلى حد كبير في شكلها وطرائق تثبيتها واستعمالها.



الشكل (١٠)
وصل لوحين
معدنيين بثنية مضاعفة



الشكل (١١)
سقف جملوني معدني
مغطى بألواح معدنية

وفيما يلي تفصيل لهذه الألواح المعدنية وكيفية استعمالها:

أ- التوتياء: تصنع ألواح التوتياء بغلفنة الصفيح (التنك) بطبقة من الزنك (الخارصين) لحمايته من التأكسد، تمدد ألواح التوتياء فوق الأسقف المغطاة باللباد، بعد سد الفواصل الإنشائية أو الفراغات الموجودة في السقف قبل تغطيته، وهي تقاوم عوامل الجو مدة قد تصل إلى خمسين عاماً.

ب- النحاس: ربما كان النحاس هو المادة الأكثر شعبية من مواد تغطية الأسقف، ومع أنه أغلى كلفة من التوتياء في مرحلة التأسيس، فإنه لا يحتاج إلى أي عناية بعد ذلك، إذ يتأكسد سطحه بعوامل الجو مشكلاً طبقة واقية ذاتية ودائمة، وتركب شرائح النحاس كما تركب ألواح التوتياء، ولكن نهاياتها لا تلحم لتفادي تأثيرات التقلص والتمدد بالحرارة.

ج- الرصاص: استعملت تغطيات الرصاص منذ القديم، إذ توفر ليونة هذه المادة مرونة في تركيبها وسهولة في تغطية مختلف نقاط السقف، من دون أن تكون هناك حاجة لقصها أو ثنيها أو لحامها، ولكن من مساوئ صفائح الرصاص ثقل وزنها، وقابليتها للانصهار بسهولة بتأثير الحرارة، وقد جرى تطوير نوع من الرصاص المقاوم للانصهار منذ ستينات القرن العشرين لتفادي هذه الظاهرة، مما أعاد إلى هذه المادة شعبيتها، يوضع غطاء الرصاص بالطريقة ذاتها التي تستخدم في صفائح التوتياء والنحاس.

د- الفولاذ غير القابل للصدأ: يمكن استعمال صفائح الفولاذ غير القابل للصدأ في تغطية الأسقف بديلاً عن ألواح التوتياء بالطريقة نفسها، ويعيب هذه المادة غلاء ثمنها.

تغطية الأسقف المنفذة في المكان:

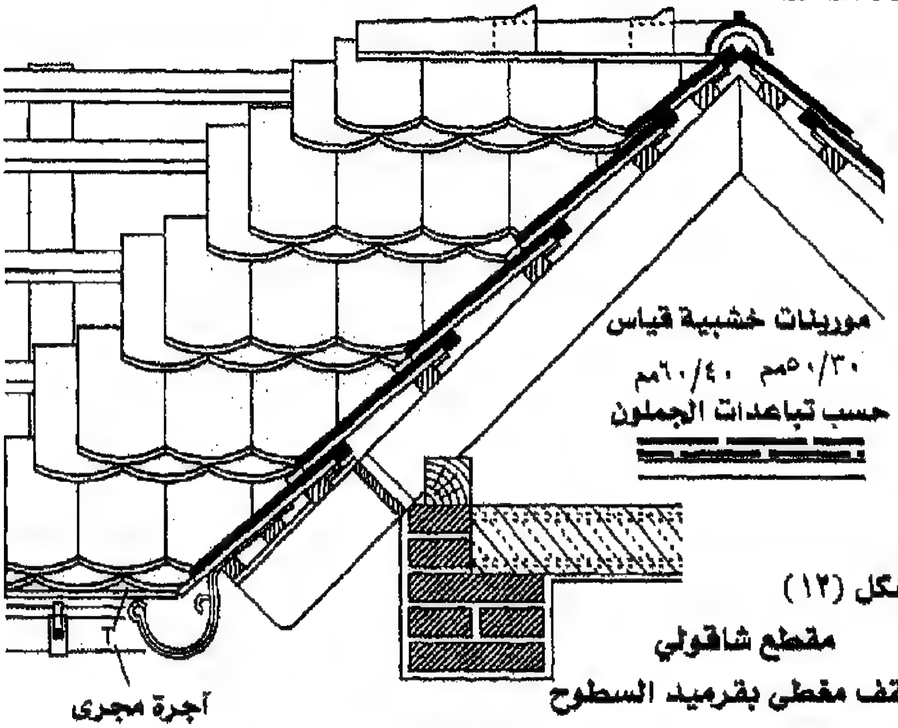
ثمة أنواع من تغطية الأسقف تنفذ في المكان وعلى السطح مباشرة، وقد أثبتت جدواها في الأسقف المستوية وخاصة التي تغطي الفتحات الكبيرة من المبنى، إذ إنها تستجيب جيداً لمتطلبات التقلص والتمدد، وهي أقل كلفة من الألواح المعدنية والشرائح الأخرى، وتدوم لسنين طويلة إذا نفذت تنفيذاً جيداً، وفيما يأتي نوعان من هذه المواد:

1- التغطية باللباد والإسفلت: يجري تصنيع غطاء اللباد والإسفلت في الموقع لتغطية السقف كله، ويتكون الغطاء من ثلاث إلى خمس طبقات من اللباد المشبع بالإسفلت أو بقطران الفحم بين الطبقات، وتغطى الطبقة السطحية من هذا اللباد بالطَّفل slag أو الحصى أو الرمل المخلوطين بالإسفلت أو يبلّط فوقها، ويمكن لهذا الغطاء أن ينفذ على الأسقف الخرسانية أو ما شابهها.

2- التغطية بطريقة: أسبل": وتستعمل في الأسقف المستوية تقريباً، وخاصة الخرسانية منها، وتتألف من مادة رملية طبيعية تحوي نحو 15٪ من وزنها إسفلتاً موجودة في بعض المكامن في سورية وغيرها، تخلط هذه المادة بالإسفلت،

وتفرش على السطح كله بطبقة مستوية بثخانة 17ملم، وهي مقاومة للامتصاص والأحماض والرطوبة، ورخيصة نسبياً، لكنها تتأثر بالحرارة، ويمكن أن تدوم حتى عشرين سنة.

تغطية الأسقف بالبلاط:



الشكل (١٢)
مقطع شاقولي
لسقف مغطى بقرميد السطوح

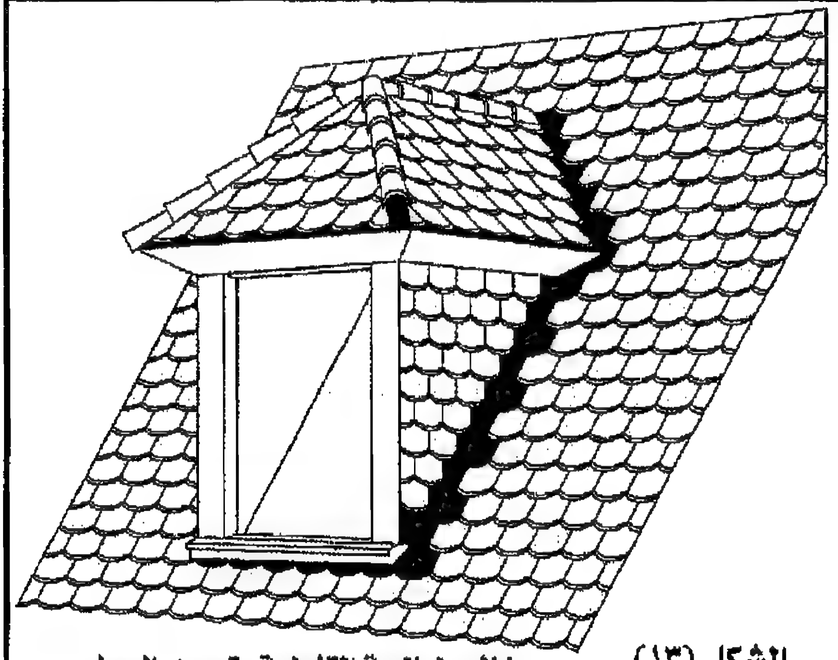
تكون البلاطات بأشكال مربعة أو مستطيلة أو بأشكال مختلفة، ويمكن أن تصنع من مواد متعددة.

1- البلاطات الإسفلتية: تصنع هذه البلاطات من روابط إسفلتية أو راتنجية resin تخلط مع خيوط الأسبستوس وحبيبات معدنية ومالئات خاملة ترص في صفائح تحت الضغط والحرارة، ثم تقطع الصفائح الناتجة على شكل بلاطات مربعة أو مستطيلة، وهي مقاومة للامتصاص والصدأ ومقاومة للأحماض والرطوبة، ولكنها مرتفعة الكلفة نسبياً.

2- البلاطات المطاطية (اللينوليوم): تصنع هذه البلاطات من مستخلص المطاط ممزوجاً ببعض المواد المالئة كألياف القطن وبعض الحبيبات المعدنية والملونات

المضافة تحت الحرارة العالية، وهي جميلة ومرنة وكاتمة للصوت وتدوم طويلاً، وسهلة التنظيف، ولكنها أكثر كلفة من بلاطات الإسفلت.

3- بلاطات الآجر الغضاري (قرميد السطوح): تصنع بلاطات الآجر الغضاري (قرميد السطوح) من خلطات من الغضار والماء مضغوطة في قوالب، ثم تشوى بدرجات حرارة محددة، تثبت هذه البلاطات بمسامير صلبة أو تربط بشريط معدني إلى العناصر الإنشائية في السقف بعد تغطيته باللباد الإسفلتي، ويمكن تثبيتها أيضاً على خلطة من خلائط الإسمنت فوق أسطح مهيأة مسبقاً (الشكلان 12 و13)، وتلاحظ إمكانية تصنيع قرميد السطوح بأشكال متعددة ومختلفة وفقاً لموقع القرميدة والغاية منها.



الشكل (١٣)
منظور لمعالجة التغطية بقرميد السطوح لفتحة نافذة متقاطعة مع ميل الجملون

4- بلاطات الموزاييك أو السيراميك: تستعمل بلاطات الموزاييك أو بلاطات السيراميك العادي أو المزجج في الأماكن الرطبة أو المعرضة للاتساخ، تتألف بلاطات الموزاييك من مزيج من الإسمنت والرمل وكسر الرخام، ويمكن أن تكون مسبقة الصنع مربعة أو مستطيلة، كما يمكن أن تصب في المكان على كامل السطح، بثخانة نحو خمسة سنتمترات فوق أرضية من الخرسانة ولمنع

حدوث تشقق في المساحات الكبيرة نسبياً، تقسم المساحة إلى أجزاء يراوح طولها بين 60- 75سم تفصل بينها شرائح معدنية رقيقة، ويمكن الحصول على سطوح ملونة جميلة بإضافة ملونات معدنية إلى الطبقة السطحية الأخيرة من المجبول بعد الصب، وهذا النوع من التغطية مقاوم للاهتراء ويمكن استعماله على سطوح خرسانية، وخاصة في الأرضيات، ويمكن في بعض الحالات المشابهة استعماله تغطية للسقف.

تغطية البناء بالزجاج:

يمكن استعمال الزجاج المسطح في البيوت الزجاجية، ويمكن استعمال الزجاج المضلع أو شرائح الزجاج مع عناصر كاتمة من المطاط لتغطية عناصر البناء الهرمية والقباب وما شابه ذلك، ويستعمل النوع الأخير من التغطية بالزجاج في المباني العامة عادة، في حين تعد شرائح الزجاج المثني أكثر ملائمة للمباني الصناعية.

ويمكن تقوية الزجاج بإضافة شبكة تسليح من الأسلاك المعدنية إلى قوامه، كما يمكن استعمال الزجاج اللدائني المقوى بالألياف.

التغطية الحجرية:

كان من الشائع سابقاً اللجوء إلى تغطية الأبنية بالحجر، كما في حالة القبوات الحجرية وفي القباب الحجرية، وقد أهمل هذا النوع من التغطية اليوم لتوافر مواد أخرى أكثر ملاءمة وأخف وزناً.

تصريف مياه الأمطار:

تُصرَّف مياه الأمطار من أسطح المباني، إلى مصارف أو مجار على محيط السطح ذات ميول خفيفة كما هو مبين في الشكل 12، ثم تُصرّف المياه من هذه المجاري إلى الأرض عبر ميازيب.

عزل الرطوبة:

تُعزل الأسقف عادة بمواد مانعة للرطوبة لحماية داخل البناء من التأثيرات الضارة للرطوبة، ويعدّ الإسفلت ومركباته من المواد الأساسية المستعملة في هذا

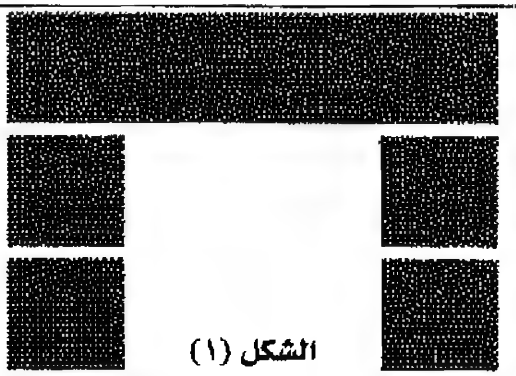
المجال، ويمكن كذلك أن تستعمل مواد أخرى لحماية الأسقف الخرسانية الأفقية من تسرب الرطوبة مثل الرقائق اللدائنية المانعة للرطوبة من البولي إيثلين، وما تزال طريقة الخيش المسفلت (المغموس بالزفت) شائعة الاستعمال، فتوضع على السطح طبقة من الزفت السائل الساخن ثم طبقتان متعامدتان من الخيش المشبع بالزفت الساخن وطبقة أخرى من الزفت، ثم تحمى طبقات العزل هذه بطبقة حماية خرسانية، ويجدر بالذكر أن العزل بهذه الطريقة أرخص طرق التغطية اقتصادياً[1].

البناء (هيكل): Structure of the building

تقسم العناصر المكونة للأبنية العصرية إلى قسمين أساسيين: الهيكل والإكساءات.

يعرّف هيكل البناء building structure بأنه الجزء من البناء الذي يمنح البناء متانته ويحفظ سلامته وينقل وزنه والأحمال التي يمكن أن يتعرض لها، كأحمال الاستثمار وغيرها إلى الأرض، أما الإكساءات فهي نوعان: الإكساءات المعمارية وتمديدات الخدمة، وهي توفر للبناء الخدمات والوظائف التي أقيم من أجلها وتمنحه مظهره العام، ويلاحظ في الأبنية القديمة أن الهيكل الحامل للبناء، كان يشتمل على معظم الإكساءات المعمارية، في حين لم يكن لمعظم تلك الأبنية تمديدات خدمة.

لمحة تاريخية:



الشكل (١)
جملة عمود وعتبة من الحجر

الشكل (٢)
مسكن من (خيرزان)
قيد الإنشاء في الأهوار جنوبي العراق

---

(1) الموسوعة العربية، أحمد الحسن، رئيف مهنا، المجلد الخامس، ص362، (بتصرف).

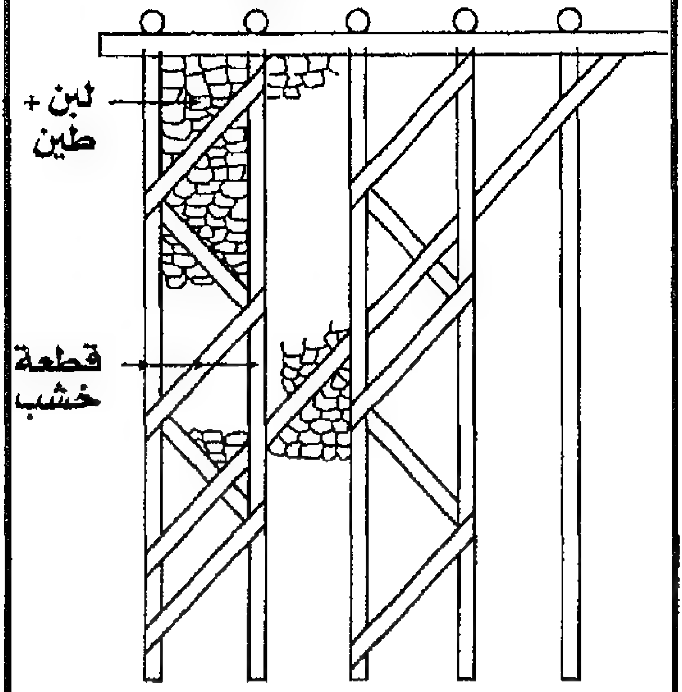
استعمل الإنسان منذ أن بدأت صناعة البناء ما توافر له من مواد في الطبيعة كالحجر وجذوع الأشجار والقصب وسعف النخيل وغيرها، فكان يرص الأحجار مداميك بعضها فوق بعض ليقيم الجدران بلا مونة (ملاط) أول الأمر، واستعمل قطعاً كبيرة منها لتشكيل السقف (الشكل 1)، ويعدّ قدماء المصريين أول من استعمل هذا النوع من الإنشاء.

وفي مناطق الأهوار والمستنقعات، حيث تندر الحجارة والصخور، استعمل الإنسان عيدان القصب والخيزران وقوّسها ليصنع منها مساكن ذات غطاء منحن (الشكل 2)، وما يزال هذا الأسلوب في البناء مستعملاً حتى اليوم في الأهوار جنوبي العراق.

وقد حدث تطور مهم في صناعة المباني بعد اكتشاف مادة "المونة" (الملاط) التي توضع بين الأحجار، فغدا من الممكن استعمال أحجار صغيرة الحجم والحجر الغشيم، المتوافر بكثرة على سطح الأرض.

وكان التطور الآخر المهم في تشييد المباني التوصل إلى طريقة صنع اللّبن بخلط التراب بالماء وصبه في قوالب وتركها لتجف في الشمس، وقد يضاف إلى الخليط التبن أو القش الناعم ليزداد متانة، استعمل اللّبن مع المونة لبناء الجدران في المناطق الزراعية التي يندر فيها وجود أحجار طبيعية بأحجام قابلة للاستعمال، وخاصة في بلاد الرافدين والجزيرة الشامية.

وفي المناطق المشجرة ذات التربة الناعمة، كما في غوطة دمشق، طور نظام آخر للجدران الحاملة استعملت فيه الأخشاب وأغصان الأشجار المتشابكة هيكلاً، ومُلئت الفراغات بينها باللّبن والطين، والمعروف أن الأخشاب تزيد في متانة الجدران، وتحملها للأحمال الشاقولية والأفقية (كالرياح والزلازل) في حين تحمي قطع اللبن والطين الأخشاب من التلف والحريق، وتوفر للمبنى العزل الحراري، وتمنحه الشكل الخارجي المناسب، ويسمى هذا النوع من البناء "البناء المكتف" (الشكل 3).



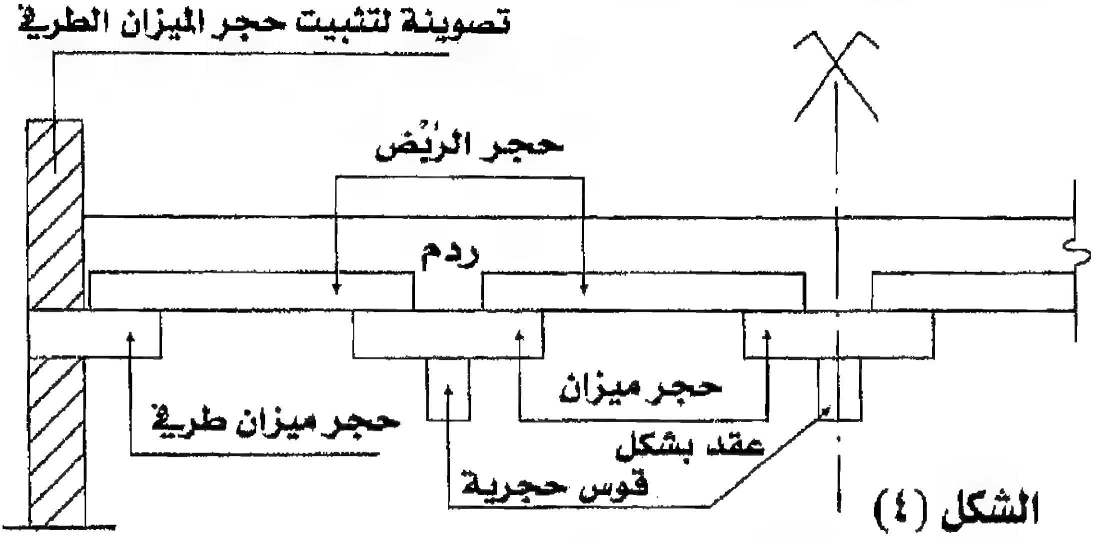
الشكل (٣)
نموذج البناء المكتف في دمشق

أما الأسقف فكانت تتألف من جوائز (جيزان) رئيسية من جذوع الأشجار، تمتد فوقها جوائز ثانوية أو بلاطات من القصب ثم يغطى الجميع بالطين المجبول بالتبن أو ألياف القنب.

ولحماية قواعد الجدران الحاملة من تأثيرات المياه، وتحمل تركيز الإجهادات حول فتحات البناء لجأ البناؤون إلى استعمال الحجر الطبيعي حول فتحات الأبواب والنوافذ، وفي الجزء من الجدار الواقع تحت جلسات النوافذ إضافة إلى الأساسات، وما يزال كثير من الأبنية المشيدة في دمشق بهذه الطريقة مستثمر حتى اليوم.

أما المناطق التي تتوافر فيها الحجارة فقد استعملها البناؤون لتغطية البناء بسقف مستو على طريقة ما يسمى "الرُّبْض والميزان"، بتثبيت حجارة كبيرة متطاولة إلى الجدران، هي الميزان، تسند إليها حجارة أخرى تسمى الرُّبْض (الشكل 4)، وهي ما تزال مستعملة في جنوبي سورية.

ولما كان سمك الجدران والأسقف كبيراً، فقد كان العزل الحراري جيداً، أما الإكساءات المعمارية فلم تكن الحاجة إليها، قد برزت بعد لأن الجدران الحاملة للمبنى تغني عن القواطع، ومشيدة من الحجر ولا تحتاج إلى طينة أو طلاء، أي أن الهيكل الحامل للبناء كان عملياً يؤلف البناء جميعه.



الشكل (٤)
الرُبْض والميزان في الأسقف المستوية

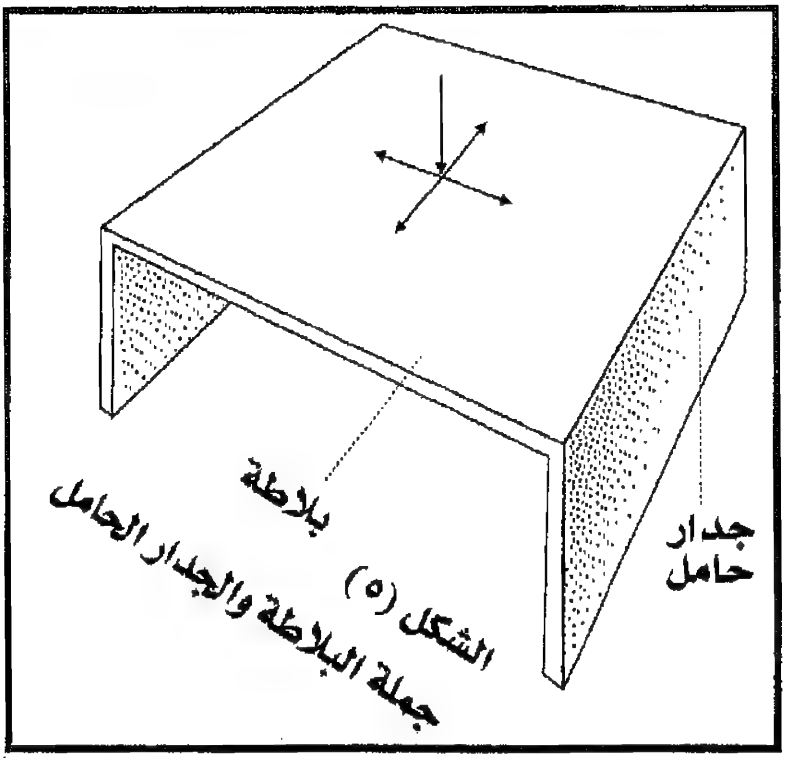
الهياكل الحاملة المكونة من عناصر خطية:

يمكن أن يكون العنصر الخطي مستقيماً أو منحنياً، وأن يتكوّن الهيكل الحامل (الجملة الإنشائية) من عنصر واحد أو أكثر.

ارتبط تطور أشكال الهياكل الحاملة للأبنية على مدى أجيال بمواد البناء المتوافرة من جهة، وبالتقانة المتبعة وقت البناء من جهة أخرى.

ومن أجل تغطية فراغ المبنى وإيجاد فتحات في الجدران المحيطة به، طور البناؤون أربع طرق تحقق التوازن بين الجاذبية والشكل والمادة هي: العمود والعتبة (أو الجائز) post and lintel، والقوس (أو العقد أو القنطرة) arch، والجملون (أو الشبكي) truss، والظفر (أو الكابولي) cantilever.

1- جملة العمود والعتبة: يتم في هذه الجملة وضع عتبة أفقية (أو جائز) فوق الفراغ بين عمودين حاملين (راجع الشكل1)، فإذا كانت الأعمدة الحاملة متلاصقة وتعمل وحدة متكاملة فتسمى جداراً حاملاً، وإذا كانت العَتَب متلاصقة وتؤلف سطحاً يعمل وحدة واحدة فتسمى بلاطة (الشكل 5).

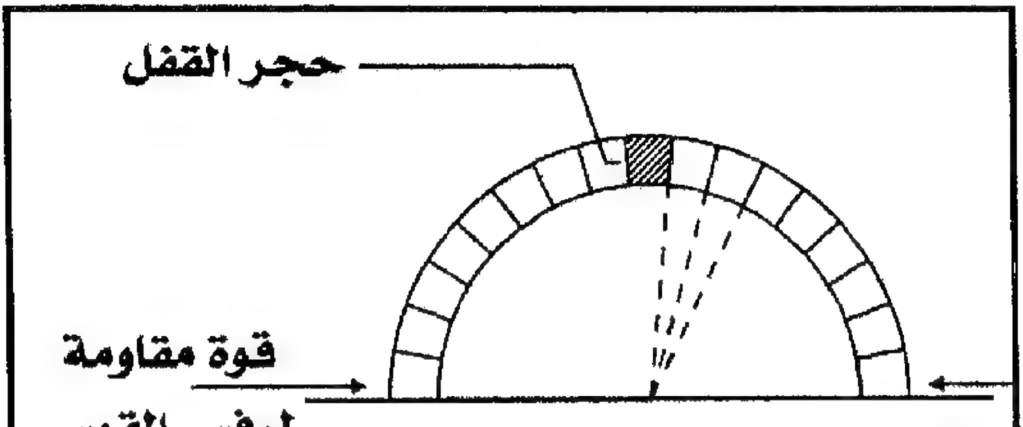


الشكل (٥)
جملة البلاطة والجدار الحامل

يحمل العمود (أو الجدار) في هذا النوع من الإنشاء أحمالاً شاقولية، ويتعرض لقوى ضاغطة فقط، أما العتبة فتنحني عرضياً (بالاتجاه الشاقولي) نتيجة الأحمال المطبقة عليها وتتعرض لعزوم انعطاف تنتج منها قوى شادة في الأسفل وأخرى ضاغطة في الأعلى، وهكذا يبنى العمود من مادة مقاومة للضغط في حين يجب أن تكون العتبة (الجائز) من مادة مقاومة للانعطاف (أي مقاومة للشد والضغط معاً)، ويمكن زيادة المسافة الصافية بين العمودين مع زيادة مقاومة مادة العتبة للانعطاف وزيادة ارتفاعها.

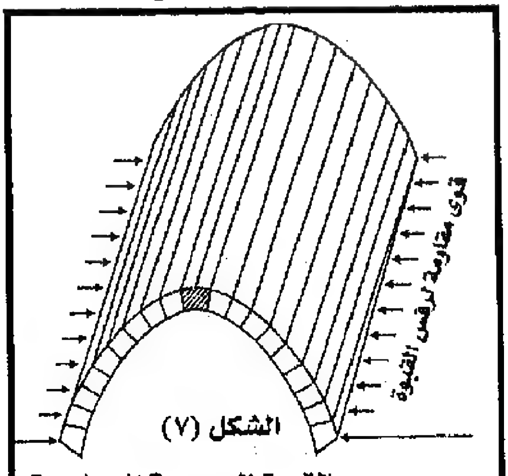
ويعيب جملة العمود والعتبة عدم قدرتها على مقاومة الأحمال الأفقية الناتجة من الرياح أو الزلازل، و يدعى ذلك بعدم الاستقرار العرضي.

2- جملة القوس: كانت القوس تتألف من قطع حجرية طبيعية أو صناعية كالآجر، تُبنى على هيئة خط منحن، وتكون كل قطعة حجر على شكل إسفين لا يمكن أن تسقط إلى الداخل من غير أن تدفع القطع الأخرى إلى الخارج، فتبقى القوس مستقرة طالما وجدت قوة في القاعدة تحفظها من الانتشار إلى الخارج (الشكل 6)، وتسمى قوة الضغط الأفقي، وهي توازن ما يسمى برفس القوس.



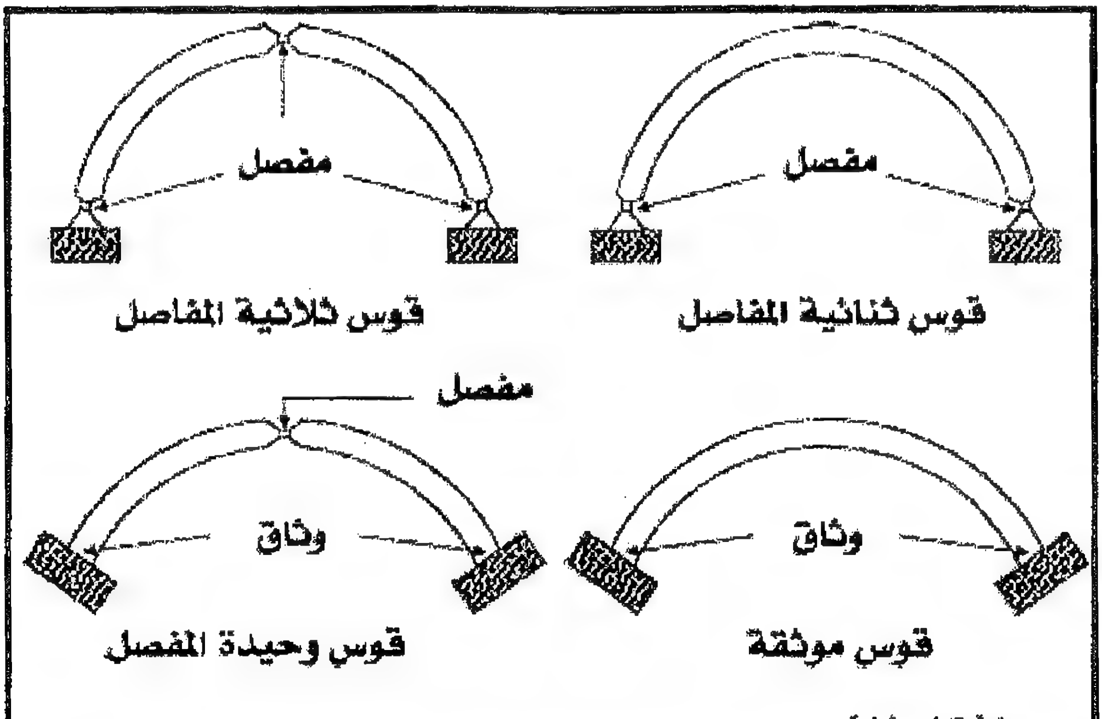
الشكل (٦) القوس الحجرية

ولأن القوس تنقل الأحمال المطبقة عليها إلى الأساسات بقوى ضاغطة، فلا يمكن إنشاؤها إلا من مواد مقاومة للضغط، فإذا شيدت سلسلة من الأقواس المتجاورة المتلاصقة التي تعمل قطعة واحدة فإن الشكل الناتج يسمى قبوة (الشكل 7).



الشكل (٧) القبوة الحجرية السطحية

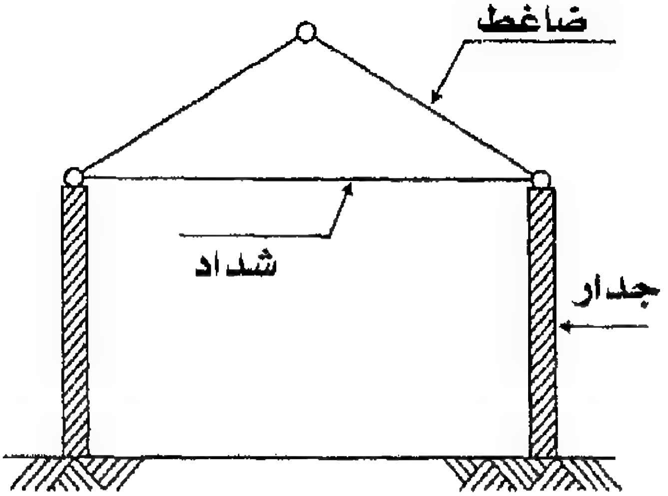
وأول استعمال للأقواس كان في بلاد الرافدين، حيث يؤلف الآجر مادة البناء الرئيسية، أما في العصور الحديثة، بعد اكتشاف مواد إنشاء جديدة كالفولاذ والصلب والخرسانة المسلحة، فتستعمل الأقواس على نطاق واسع لتغطية أبهاء كبيرة الأبعاد، ولإنشاء جسور كبيرة الفتحات، ولما كانت المواد الجديدة توفر مرونة كبيرة في التنفيذ، فقد غدا من الممكن استعمال الأقواس في شروط استناد مختلفة أهمها أربع: القوس الثلاثية المفاصل، والقوس الثنائية المفاصل، والقوس الوحيدة المفصل، والقوس الموثقة النهايتين (الشكل 8)، وجميع هذه الأقواس تقاوم أحمالاً كبيرة إذا كانت موزعة توزيعاً جيداً، إلا أن مقاومتها للأحمال المركزة ضعيفة نسبياً لتشكل عزوم انعطاف موضعية في منطقتها.



الشكل (٨)
الجمل القوسية الشائعة الاستعمال

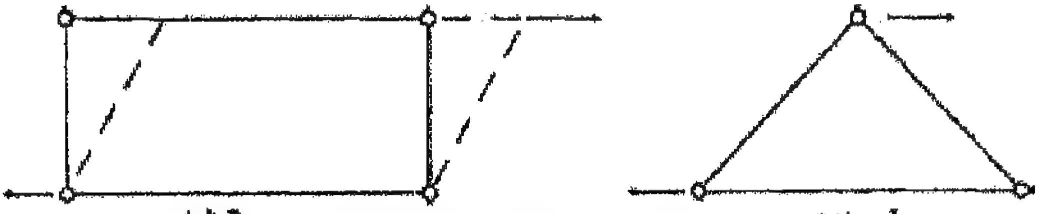
3- جملة الشبكي (الجملون): تطورت جملة الشبكي من الشكل السنمي الذي استعمل في السقف، وكان يتألف من جائزين مائلين يتصلان من الأعلى مفصلياً ويستندان من الأسفل إلى الجدران، ويطبقان عليها قوى أفقية تدفعها إلى الخارج، وقد تبين أن استعمال عنصر أفقي لوصل الجائزين من أسفلهما (يسمى شداداً

لتعرضه لقوى شادة) يخلص الجدران من قوى الدفع الأفقية، وهذا هو الشبكي في صورته المبسطة، أي ثلاثة عناصر تؤلف مثلثاً (الشكل 9)، يتميز الشكل المثلث بتماسكه وعدم تعرضه للتشوه إذا لم تتغير أطواله (الشكل 10).



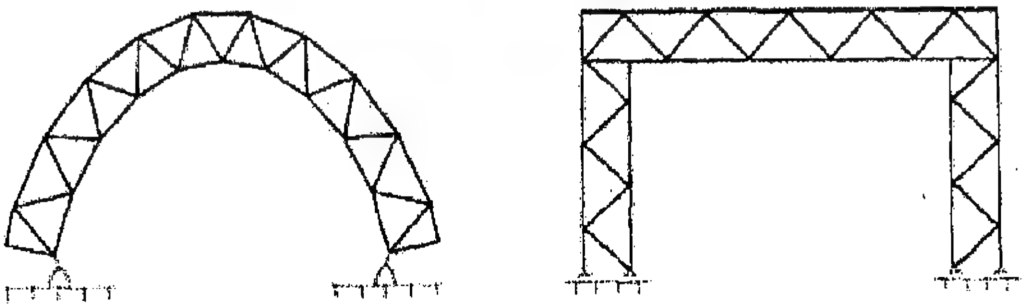
الشكل (٩) الشبكي (الجملون)

*الشكل (١٠)
*الموازنة بين المثلث والمستطيل عند تعرضهما لقوى ضاغطة



ب- مستطيل
أ- مثلث

*الشكل (١١) شبكات إطارية وقوسية



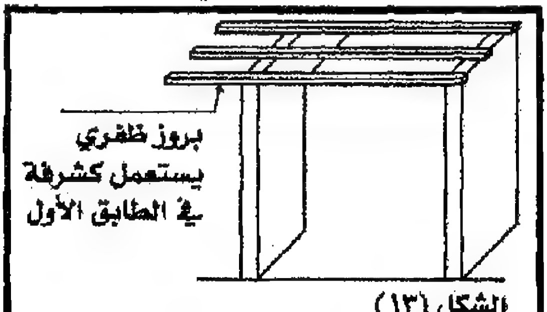
ب- قوس شبكية ثنائية المفاصل
أ- إطار شبكي موشوق النهايتين

أما أشكال الجملونات فكثيرة، بعضها ذو وتر علوي مائل يستعمل في السقف الأخير للمباني، وبعضها ذو وترين متوازيين يستعمل في الجسور غالباً، أما العناصر الداخلية فيمكن أن تكون شاقولية أو مائلة أو كليهما، وقد شاع أيضاً استعمال الأشكال الشبكية في إقامة الأعمدة، كما طورت شبكيات من الإطارات والأقواس (الشكل 11).

4- جملة الظفر (الكابولي): إن هذا النوع من الإنشاء معروف منذ القديم، وتعدّ الطُنُف الحجرية فوق رؤوس الأعمدة إنشاءات ظفرية، وكذلك الشرفات التي كانت تنشأ في السقوف الخشبية، فتترك جذوع الأشجار المستعملة في السقف بارزة عن الجدار على هيئة ظفر لتشكل شرفة (الشكل 12).

الشكل (١٢)
جملة الظفر

تتألف الجملة الظفرية من جائز أفقي ربطت إحدى نهايتيه بالجدار وتركت الأخرى سائبة من خارج المبنى (الشكل 13)، وبذلك يمكن زيادة المساحة المبنية في الطابق الأول على المساحة المبنية في الطابق الأرضي بمقدار البروزات الظفرية الموجودة.



الشكل (١٣)
سقف من جذوع الأشجار
له بروز ظفري

وقد شاع في الأبنية الحديثة استعمال الأظفار للحصول على مساحة زائدة في الطوابق العليا.

الهياكل الحاملة للأبنية المكونة من عناصر مسطحة:

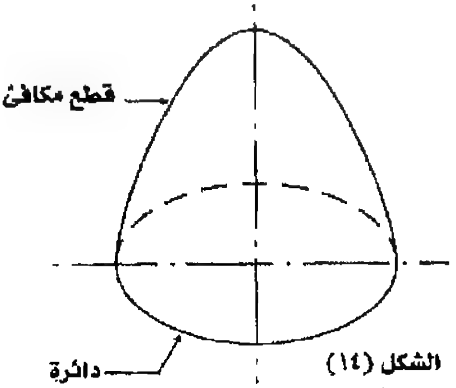
يمكن أن تكون العناصر الحاملة مستوية السطح أو منحنية السطح.

1- العناصر المستوية السطح: إذا كان العنصر المستوي السطح أفقياً فيسمى بلاطة أما إذا كان شاقولياً فيسمى جداراً حاملاً.

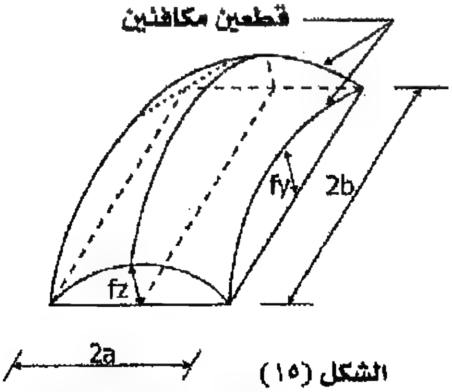
تتعرض البلاطة لعزوم انعطاف وتظهر فيها إجهادات شادة وضاغطة مما يوجب أن تكون من مادة ثنائية المقاومة مثل الخرسانة المسلحة أو الفولاذ أو الخشب، ومن مزايا البلاطات المستوية السطح إمكانية استعمالها في الأسقف المتكررة والسطوح الأخيرة على حد سواء.

أما الجدار الحامل فيتعرض لقوى ضاغطة أساساً، ويمكن إنشاؤه من المواد التي تتحمل الضغط فقط أو من المواد التي تتحمل الشد والضغط معاً.

2- العناصر المنحنية السطح: من أبسط أشكال العناصر المنحنية السطح القبوات (الشكل 7)، وثمة عناصر أخرى تستعمل للأسقف أهمها القباب، والمدورة منها أكثر شيوعاً، إذ يكون مقطعها الأفقي دائرياً، يمكن أن يكون مقطعها الشاقولي دائرياً فتسمى القبة كروية أو قطعاً مكافئاً فتسمى القبة مكافئية (الشكل 14) أو غير ذلك. تتعرض القباب لإجهادات ضاغطة أساساً، وقد شاع استعمالها في الأسقف منذ القديم، وما تزال مستعملة إلى اليوم مع مواد الإنشاء الحديثة، لتغطية الأبهاء الواسعة.



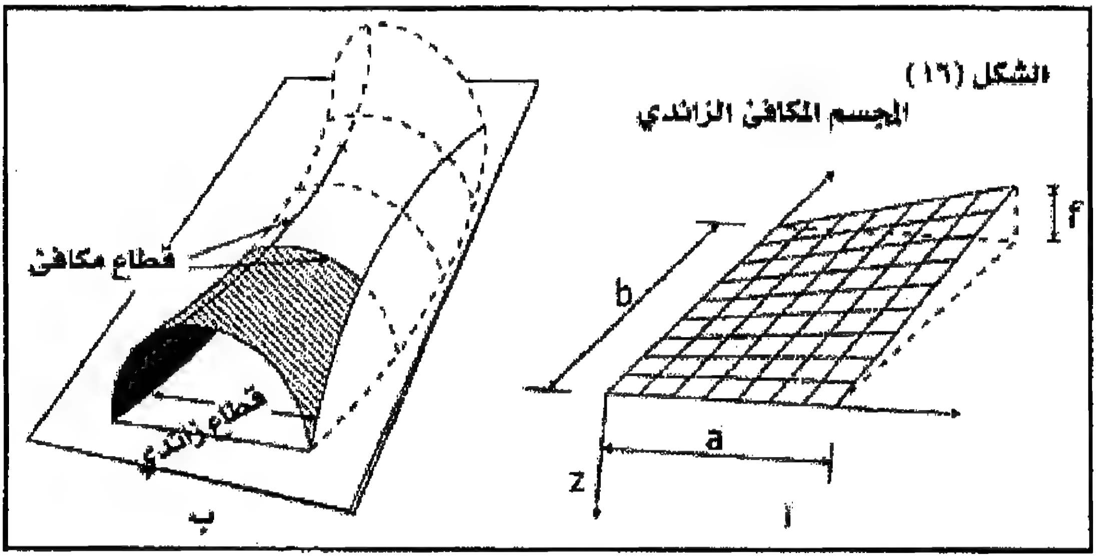
الشكل (١٤)
قبة مكافئية



الشكل (١٥)
الجسم المكافئ الناقصي

كذلك شاع في القرن العشرين، إضافة إلى القباب، استخدام منشآت قشرية متعددة لتغطية القاعات الفسيحة منها القشريات التالية:

- المجسم المكافئ الناقصي (الشكل 15) ويتشكل من حركة قطع مكافئ على قطع مكافئ آخر، ومقطعه الأفقي قطع ناقص ويغطي مساحة مستطيلة.
- المجسم المكافئ الزائدي، ويشبه سرج الحصان (الشكل 16)، يتشكل هذا المجسم من انتقال قطع مكافئ مقعر لجهة معينة على قطع مكافئ آخر مقعر للجهة المعاكسة، في حين يكون المقطع الأفقي قطعاً زائداً، ومن مميزاته إمكان تشكيله من خطوط مستقيمة، مما يسهل صنع قالب خشبي لتنفيذه بالخرسانة المسلحة[1].

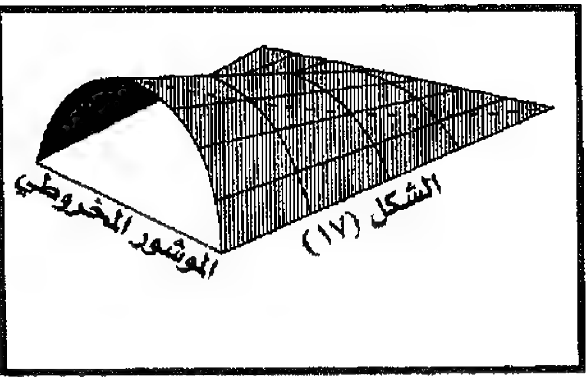


- الموشور المخروطي conoid (الشكل 17) وهو سطح يمكن تشكيله أيضاً من خطوط مستقيمة، مما يعني سهولة تنفيذه من الخرسانة المسلحة.

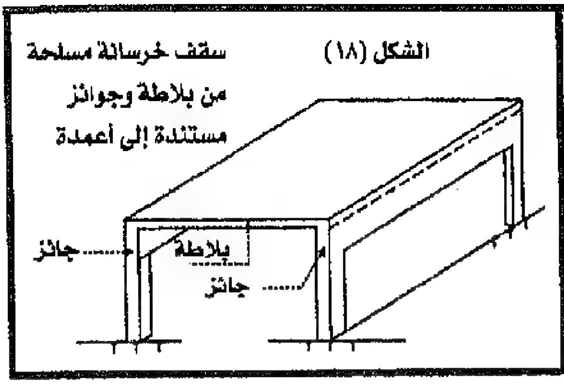
وتجدر الإشارة هنا إلى أن العناصر المنحنية السطح لا تستعمل إلا للأسقف الأخيرة، لأن انحناءها يجعل استعمال المساحة فوقها متعذرة في معظم الحالات. ومع

(1) انظر أيضاً: علي رأفت، فن العمارة والخرسانة المسلحة (مؤسسة الحلبي وشركاه للنشر والتوزيع، القاهرة 1970).

أنها تقاوم الأحمال الموزعة مقاومة جيدة فإن مقاومتها للأحمال المركزة ضعيفة نسبياً.



الشكل (١٧)



الشكل (١٨)

عناصر هيكل البناء:

تقسم المنشأة إلى قسمين أساسيين هما: المنشأة الفوقية superstructure (أي فوق الأرض) والمنشأة التحتية substructure (أي تحت الأرض)، تتألف المنشأة الفوقية من الأعمدة والجدران والأسقف، وتتألف المنشأة التحتية من الأساسات والجزء المطمور من الأعمدة والشيناجات (الجوائز الأفقية التي تربط الأساسات بعضها ببعض وتمنع حركتها الأفقية)، تنفذ المنشأة التحتية بعناية فائقة لعدم إمكانية مراقبتها أو ملاحظة أي مؤشر خطر يحدث فيها.

1- عناصر السقف: إن الهدف من عناصر السقف هو تغطية الفراغ الوظيفي من الأعلى لحماية داخل المبنى، وتستعمل لهذا الغرض في معظم الأحيان العناصر الإنشائية الخطية التالية: عنصر الجائز من جملة الإطار، أو جملة القوس، أو جملة الشبكي، أو جملة الظفر، ويغطى الفراغ بين الجملة والأخرى بعنصر مستوي السطح هو البلاطة (الشكل 18)، وقد يستعان في تغطية السقف بعنصر منحني السطح يقوم مقام البلاطة كالقبوة أو القبة أو أحد المجسمات المختلفة[1].

2- عناصر الجدران: إن الغرض من إقامة الجدران هو نقل أحمال عناصر السقف إلى الأساسات، وحصر جوانب الفراغ الوظيفي وحمايته، ويمكن أن تستعمل لهذا الغرض

(1) أنظر أيضاً: رئيف مهنا وأحمد الحسن (تصاميم معمارية عربية في مواجهة التحديات الإنشائية، المؤتمر العربي السادس للهندسة الإنشائية، دمشق 1995).

جملة الجدار الحامل (الشكل 5) أو جملة الإطار، على أن يملأ الفراغ بين أعمدة الإطار بمادة غير عاملة إنشائياً كالمكعبات الإسمنتية (البلوك) أو الآجر.

3- عناصر الأساسات: إن مهمة الأساسات هي نقل أحمال البناء والقوى الأخرى المطبقة عليه إلى تربة التأسيس، ومنع هبوطات التربة تحتها أو التخفيف منها قدر الإمكان، لما يمكن أن تسببه الهبوطات من تشقق أو تشويه في البناء، فإذا استندت الأساسات إلى قاعدة صخرية فمن النادر أن يحصل تحتها هبوط، أما إذا كانت تربة عادية، فمن الممكن أن يؤدي ثقل البناء إلى انضغاط فراغات التربة وتقلص حجمها وهبوطها، وهناك حالات يؤدي وصول الماء إلى التربة إلى انتفاخها ورفع الأساسات فوقها، وأخطر ما يصيب البناء هبوط التربة غير المتساوي تحت الأساسات.

تصمم الأساسات عادة لكي تطبق على التربة إجهادات متساوية ومنتظمة تقريباً، وكانت أساسات الجدران الحاملة تنفذ قديما من الحجارة والمونة وتسمى "ركة"، بعرض يزيد قليلاً على عرض الجدار، وصولاً إلى التربة الطبيعية الصلبة، أما اليوم فإن المادة الرئيسية المستعملة في إنشاء الأساسات هي الخرسانة العادية أو المغموسة للجدران الحاملة، والخرسانة المسلحة للأعمدة وللجدران الخرسانية.

هياكل الأبنية المقاومة للقوى الأفقية:

يلاحظ أن الاتصال بين العمود والجائز هو اتصال مفصلي ينقل إلى العمود أحمالاً شاقولية فقط، ويصح هذا القول أيضاً على جُمَل الشبكي والظفر والقوس، وعلى جملة الجدران الحاملة ذات الاتصال المفصلي مع الأسقف، ومع أن هذه الجمل كلها تقاوم القوى الشاقولية مقاومة جيدة، فهي ضعيفة عند تعرضها للقوى الأفقية كالرياح والزلازل، وتعد منشآت "غير مستقرة" فيما يتصل بالقوى الأفقية.

وقد تُوصل في المباني الحديثة ذات الارتفاعات العالية والأوزان الخفيفة والأسقف المستوية إلى إقامة جمل إنشائية مقاومة للقوى الأفقية، يمكن تلخيصها بما يأتي:

1- جملة الإطارات: تتألف جملة الإطارات من جوائز أفقية وأعمدة شاقولية، يتصل بعضها ببعض اتصالاً صلباً، وهي جملة حديثة العهد بالموازنة مع جملة الجدران الحاملة، أو مع جملة العمود والعتبة، وإن كانت تطويراً لها، وشاع استعمالها مع

استعمال الفولاذ في المباني منذ القرن التاسع عشر، ولقد أمكن تنفيذ أبنية تتألف من 15 طابقاً باستعمال الجملة الإطارية من الفولاذ، ومن ميزات هذه الجملة، المرونة الكبيرة التي توفرها للمعماري وللمستثمر، لأن القواطع بين الفراغات لا تُعمل إنشائياً، ويمكن إزالتها حين اللزوم من غير أن تتأثر متانة الجملة، كما أنها مرنة إنشائياً لأن حركتها الأفقية وقت الزلزال كبيرة نسبياً مما يبدد طاقة الزلزال ويخفف من قوته المطبقة على المبنى.

2- جملة جدران القص: تتألف جملة جدران القص shear walls من جدران حاملة وأسقف ذات اتصال صلب فيما بينها، وتصنع غالباً من مادة الخرسانة المسلحة، وقد سميت جدرانها الحاملة بجدران القص لأنها تقاوم قوى القص الناتجة عن الأحمال الأفقية المطبقة على المبنى، وقد مكن استعمال هذه الجملة في المباني الخرسانية المسلحة من تحقيق ارتفاعات زادت على 30 طابقاً.

3- الجملة الثنائية من إطارات وجدران قص: تتألف هذه الجملة من إطارات وجدران قص، ويكون الاتصال بين عناصر السقف والأعمدة والجدران فيها اتصالاً صلباً، وهي تتفوق على الجملتين المكونتين لها في مقاومة الزلازل، لأن الجدران تعطيها قساوة تخفف من الحركة الأفقية، وتعطيها الإطارات مرونة تخفف القوى الزلزالية، وباستعمال هذه الجملة في المباني الخرسانية المسلحة أمكن الوصول إلى ارتفاعات زادت على 45 طابقاً.

4- الجمل الأخرى: درج البناؤون اليوم على استعمال جمل إنشائية أخرى في المباني العالية جداً، مثل الجملة الأنبوبية، وهي جملة جدران محيطية أسطوانية تحوي فتحات للأبواب والنوافذ، وجملة الأنبوب ضمن أنبوب وهي شبيهة بالسابقة مع استعمال أنبوبين بدلاً من أنبوب واحد، وقد أمكن تنفيذ مبان بهذه الجمل وصل ارتفاعها إلى 80 طابقاً في حالة الخرسانة المسلحة وإلى 110 طوابق في حال استعمال الفولاذ العالي المقاومة (بناء سيرز Sears في شيكاغو الذي بني عام 1972)[1].

(1) الموسوعة العربية، أحمد الحسن، المجلد الخامس، ص366، (بتصرف).

حرف التاء

تخطيط المدن وتنظيمها : Town planning

تخطيط المدن (التخطيط العمراني) هو تصميم وممارسة للتنظيم الشامل للمدن والحواضر، والغاية منه توفير أفضل الشروط لمعيشة الإنسان وعمله واستجمامه.

يشمل تنظيم المدن حل مجموعة من المسائل الاقتصادية والاجتماعية، ومسائل الصحة العامة، وتنظيم الأراضي، والمسائل الحياتية الثقافية، والمعمارية والفنية، بغية إنشاء أماكن مأهولة جديدة، أو إعادة بناء الأماكن المأهولة القائمة أو توسيعها[1].

تصدع البناء وتدعيمه : Cracking and consolidation

التصدع هو التدهور الذي يحصل في وضع البناء من تشقق أو تكسر أو اهتراء أو تآكل أو انخفاض في المتانة أو أي مظاهر ضعف أخرى تهدد سلامته الإنشائية أو تهدد صلاحيته للاستثمار.

والتدعيم هو مجموعة الإجراءات التي تنفذ في البناء لمعالجة التصدع وجعل البناء صالحاً للاستثمار بأمان.

ظواهر التصدع في البناء:

يمكن تلخيص ظواهر التصدع في البناء بالنقاط الآتية:

(1) الموسوعة العربية، المجلد السادس، ص184

1- التشققات: وهي ناتجة عن قوى شادة مطبقة على العنصر الإنشائي تفوق قدرته على المقاومة.

2- التشظي أو الانفلاع: وهو تكسر يحصل في جزء من العنصر الإنشائي نتيجة تعرضه لقوى ضاغطة تفوق قدرته على المقاومة.

3- التحلل الكيميائي أو التآكل: وهو تفتت يحصل في مادة العنصر الإنشائي نتيجة تفاعلها مع مواد كيمياوية موجودة في الوسط المحيط بها.

4- ترخيم كبير في العناصر الأفقية يجعل استعمالها غير ممكن، وينتج ذلك عن نقص في قساوة هذه العناصر.

5- ميلان (انزياح أفقي) كبير في البناء يمنع استثماره بالشكل الأمثل، وينتج هذا الميلان عن انضغاط التربة تحت جهة من البناء أكثر من الجهة الأخرى بسبب عدم تجانس تربة التأسيس تحت البناء، أو بسبب عدم انتظام الإجهادات المطبقة على تربة التأسيس.

6- اهتزازات كبيرة أثناء الاستعمال، وهذه الاهتزازات تجعل الاستعمال غير مريح من الناحية النفسية على الأقل، كما يمكن أن يكون مزعجاً أو عائقاً للاستثمار.

ومن الجدير بالذكر أن البناء يستطيع تحمل ظواهر التصدع هذه لدرجة معينة، أي إنه ليس بالضرورة أن تكون ظواهر التصدع هذه خطيرة وتهدد سلامة البناء، إلا أنها مؤشرات خطر تستوجب دراسة البناء للتحقق من سلامته الإنشائية، وتشير إلى ضرورة مراقبة تطور التصدعات، لتقوية البناء قبل وصوله لمرحلة خطرة.

أسباب تصدع البناء:

هناك أربعة عناصر رئيسة لمشروع البناء هي: الفكرة والتصميم والتنفيذ والاستعمال، ومن أجل أن يكون مشروع البناء ناجحاً يجب أن تشتمل هذه العناصر: المعرفة والخبرة والعناية، وإذا كان هناك نقص في أي منها، فلن يعوض هذا النقص ويمنع الانهيار التفوق في أي من الأخيرتين أو في كليهما.

يمكن تصنيف أسباب تصدع البناء وفقاً للعناصر السابقة بالعوامل الآتية:

- أسباب ناتجة عن خطأ في الفكرة:

المقصود بفكرة البناء هي فكرة الجملة الإنشائية التي ستقوم بنقل الأحمال التي سيتعرض لها البناء من نقطة تطبيقها حتى تربة التأسيس، يجب أن تكون هذه الجملة سليمة هندسياً ومستقرة، وإن وجود الخطأ في هذه الجملة يجعل البناء معرضاً للتصدع، ومن الجدير بالذكر أن التصدع الناتج عن هذا النوع من الأخطاء يظهر سريعاً في البناء، وغالباً ما يظهر أثناء فترة تنفيذ البناء وقبل الاستثمار، ومن أشهر أخطاء الفكرة هي استعمال جملة إنشائية غير مستقرة.

- أسباب ناتجة عن الخطأ في التصميم:

تصميم البناء هو وضع تفصيلاته ضمن إطار الفكرة، وحصول خطأ في تصميم البناء قد يؤدي لتصدعه، ومن أشهر أخطاء التصميم يمكن ذكر عدم التقدير السليم للأحمال والقوى، وسوء تصميم مقاطع العناصر أو وصلاتها، وتفصيلات التصميم الضعيفة، وعدم توافق التصميم مع طبيعة تربة التأسيس، وعدم معالجة التغيرات الفجائية في المقاطع بصورة سليمة، واختيار عرض غير كاف لفاصل التمدد.

- أسباب ناتجة عن خطأ في التنفيذ:

قد يظهر تصدع البناء بالفترة الأولى من بنائه أو بالفترة الأولى من استثماره، أو قد يظهر بعد بضع سنوات من استثماره، ويعجل في حصول التصدع الناتج عن خطأ التنفيذ، ترافقه مع أخطاء أخرى مثل خطأ في التصميم أو غيره، ومن أشهر أخطاء التنفيذ هي ضعف مقاومة مواد البناء المستعملة، وسوء تنفيذ الوصلات وعدم تصريف الماء بصورة مناسبة، والفك المبكر لدعامات القالب واهتزاز الخرسانة بعد بداية تصلبها، والهبوط الموضعي لتربة التأسيس.

- أسباب ناتجة عن خطأ في الاستثمار:

هناك كثير من الأخطاء التي يمكن أن يرتكبها مستثمرو البناء، وتسهم في تصدعه منها:

أ- تعريض البناء لأحمال تفوق الأحمال المصمم عليها كثيراً.

ب- تعريض البناء لمواد كيمياوية تتفاعل مع المواد المستعملة في البناء، وإجراء تعديلات غير مدروسة في البناء تؤثر في سلامته، وعدم تنفيذ صيانة دورية للبناء وترك التسربات في التمديدات المائية تفعل فعلها في البناء.

- أسباب ناتجة عن تأثير مرور الزمن على مواد البناء المجهدة:

نتيجة لتعرض المواد المستعملة في تشييد البناء لإجهادات كبيرة لفترة طويلة من الزمن، فإن مقاومة هذه المواد للإجهادات المطبقة عليها تنخفض مع مرور الزمن، نتيجة لظاهرة التعب الذي يحصل بهذه المواد، وتزيد نسبة انخفاض مقاومة المواد طرداً مع الزمن ومع شدة الإجهادات المطبقة عليها، إضافة إلى احتمال حصول حوادث طبيعية غير عادية مع مرور الزمن، كالأعاصير والزلازل والفيضانات وغيرها[1].

طريقة كشف أسباب التصدع:

تعد هذه الخطوة عملياً أهم خطوة، إذ إنه من غير الممكن عملياً تقدير مدى الحاجة للإصلاح إلا إذا عرف سبب أو أسباب التصدع، وقد تكون المعطيات غير كافية لتحديد السبب، لذا توضع جميع الأسباب التي تؤدي عادة إلى التصدعات ثم تحذف الأسباب غير المحتملة واحداً إثر واحد، إلى أن يبقى عدد محدود من الأسباب يؤخذ بالحسبان.

لا توجد قواعد محددة يمكن إتباعها لكشف سبب أو أسباب التصدع، فكل حالة هي مسألة قائمة بذاتها، ويجب أن يجري التشخيص لها بشكل فردي، ويمكن للمهندس الذي يقوم بالتشخيص إتباع الخطوات الآتية: فحص البناء ودراسته جيداً، ومقارنة البناء مع الأبنية المجاورة ومع الأبنية المشابهة بأمكنة أخرى، واستفسار من العناصر الفنية التي قامت بالدراسة أو بالإنشاء عن أسباب محتملة للتصدع، وتحليل الأمور غير العادية في المسألة المطروحة، والتفكير بالمسألة على نحو علمي هادئ وبصبر، ودراسة المسألة بعمق.

(1) D.KAMINETZKY, Design and Construction Failures (McGraw-Hill 1991).

طريقة مراقبة تطور تصدعات البناء:

قبل تقرير السلامة الإنشائية للبناء المتصدع من عدمها، يلزم مراقبة ظواهر التصدع، وأول خطوة في عملية المراقبة هي تحديد جميع التصدعات (سواء منها التشققات أو مناطق التشظي أو مناطق التحلل أو الترخيم الكبير أو الميلان الكبير) على مخططات خاصة مع تسجيل تاريخ التحديد.

تراقب التشققات كما يأتي:

- يسجل في المخططات طول الشق وثخانته واتجاهه ومكانه، أما على الموقع فتحدد نهايتا الشق بإشارة X ويعطى رقم لكل شق.
- وضع لصائق جصية بشكل 8 متعامدة مع الشق، مع كتابة التاريخ عليها.
- تراقب الشقوق بالكشف عليها مرة عدة أيام أو عدة أسابيع حسب سرعة تطور ظهور الشقوق واتساعها.
- تراقب ظاهرة التشظي باستخدام اللصائق الجصية كما في حالة مراقبة الشقوق، كما يمكن مراقبة ظاهرة التشظي بوضع طبقة من مواد هشة وقابلة للتقصف (ويعد الجص أحدها).

أما ظاهرة التحلل الكيمياوي للخرسانة (البيتون) فتراقب بإزالة الحصويات (التي تحللت المادة الرابطة بينها) في موقع معين حتى الوصول للخرسانة السليمة وتعليم الموقع، ثم إعادة الفحص بعد مدة من الزمن.

وتراقب ظاهرة الترخيم الكبير والميلان بالقياس وبالرصد المساحي.

الحالات التي تستدعي تدعيم البناء:

يمكن تعداد هذه الحالات بالآتي:

- وجود ظاهرة أو أكثر من ظواهر تصدع البناء ناتجة عن أي سبب كان، ومتطورة لدرجة تهدد سلامته الإنشائية، أو تجعله غير صالح للاستعمال.
- الحاجة لإكساب البناء مقاومة للقوى الأفقية، كالزلازل إذا لم يكن مصمماً عليها.

- الحاجة إلى إضافة طابق أو أكثر للبناء.
- الحاجة لتعديل وظيفة استثمار البناء، وما ينتج عن ذلك من زيادة أحمال أو تعديل في الجملة الإنشائية.

ويجب تقرير ضرورة تدعيم البناء وكشف التصدع ومراقبة تطوره وتحديد أسبابه، وتقويم مقاومة البناء للأحمال المعرض لها، وتقرير الحاجة للتدعيم واختيار الطريقة المناسبة لها.

مواد البناء المستعملة في إنشاء المباني:

هناك مواد كثيرة مستعملة كمواد إنشائية حاملة في المباني، ويمكن تعداد المواد الآتية منها: حجر (طبيعي أو صناعي كالبلوك الإسمنتي أو الآجر المضغوط المشوي بالنار)- فولاذ (أو صلب)- خرسانة (أو بيتون)- خشب- طين مجفف بالشمس- ألمنيوم- لدائن مسلحة، وتعد مادة الحجر من أقدم المواد التي كانت مستعملة بكثرة في أسقف المباني السكنية وغيرها من الأبنية الحجرية، أما مادة الخرسانة بنوعيها العادية والمسلحة فهي اليوم من أكثر المواد استعمالاً في المباني، بل إنها المادة الأكثر استعمالاً في إنشاء الأبنية في الوطن العربي وفي العالم.

طرائق تدعيم الأبنية الحجرية:

يمكن أن يتم ذلك بطرق عدة منها:

- حقن الفراغات بين الأحجار بمواد رابطة، يتم في هذه الطريقة استعمال مواد رابطة من النوع الذي كان يستعمل سابقاً، ويمكن أن يضاف لها نسبة من الإسمنت وتحقن بالفراغات بضغط عادي أو بضغط عالٍ إن لزم.
- إضافة شدادات معدنية طولية أو عرضية، ويتم تطبيق قوى شد في هذه الشدادات لتضغط على أحجار الجدران وتزيد الترابط بينها.
- إضافة لمعات أو شيناجات خرسانية مسلحة، تكون اللمعات الخرسانية المضافة بمثابة أعمدة تقوية على جوانب الفتحات أو نهايات الجدران، أي في مناطق تركز الإجهادات في الجدران.

- استعمال قمصان خرسانية مسلحة للجدران من الخرسانة المصبوبة أو المقذوفة.
- استعمال قمصان معدنية للجدران مع الشدادات والحقن بينها وبين الجدران.
- استبدال الأحجار التالفة بأحجار جديدة، تطبق هذه الطريقة عندما يكون الصدع أو التآكل قد حصل بالأحجار ذاتها، وفي عدد محدود منها فقط، أما إذا كانت الأحجار ذاتها سليمة والتآكل قد حصل بالمونة الرابطة، فإن الطرائق السابقة تكون هي الأنسب.
- استبدال الأسقف الخشبية المهترئة أو المتآكلة.
- تقوية الأسقف ذات الجوائز المعدنية مع أقواس آجرية أو تغطية خرسانية.

كانت المقاطع الفولاذية بشكل حرف I تستخدم أيضاً لتغطية الفراغات بين الجدران الحجرية الحاملة، وكانت الفراغات بين المقاطع المتتالية تملأ بأقواس آجرية، ومن ثمّ يتم تشكيل الأسقف، ثمّ جرى لاحقاً استعمال الخرسانة لملء هذا الفراغ، في حال تعرض الجوائز المعدنية المكونة من مقاطع I للتآكل وثبوت حاجتها للتقوية، فيمكن أن يتم ذلك بلحام صفائح فولاذية على المقاطع من الأسفل بما يعوض عن الأجزاء الصدئة ويزيد مقاومة الجوائز للأحمال المطبقة عليها.

طرائق تدعيم الأبنية الفولاذية:

ويتم ذلك باستخدام الطرق الرئيسية التالية:

استبدال العناصر المتآكلة (الصدئة)، تصفيح العناصر الضعيفة، إضافة عناصر جديدة، إضافة روابط معدنية لتكتيف البناء، أو إضافة جدران قص جديدة من الخرسانة المسلحة وهي بديلة للطريقة السابقة، ويراعى في جميع الأحوال تأمين حماية لسطوح الفولاذ بطلائه بالدهانات المناسبة (سيرافون أو إيبوكسي أو دهان زياتي مقاوم للرطوبة).

طرائق تدعيم الأبنية من الخرسانة المسلحة:

- تنفيذ قمصان معدنية، تستعمل هذه الطريقة بصورة خاصة لتقوية الأعمدة والجوائز، يتم إحاطة العمود أو الجائز بزوايا مع صفائح فولاذية، بقصد حصر

الخرسانة، ومن ثمّ زيادة مقاومتها، مع الاستفادة من مقاومة الزوايا الفولاذية التي توضع حول أركان العمود أو الجائز.

أما في البلاطات فيمكن استعمالها بوضع صفائح فولاذية، مع ربط هذه الصفائح الفولاذية بعضها ببعض بشدادات فولاذية أو إضافة عناصر فولاذية حاملة.

- تنفيذ قمصان خرسانية مسلحة، تستعمل هذه الطريقة كبديل للطريقة السابقة، وتستعمل بصور خاصة للأعمدة الخرسانية، حيث يجري صب أو قذف طبقة من الخرسانة حول المحيط العمود (بعد إحاطته بالتسليح الشاقولي والأفقي المناسبين) تعمل قميصاً له، ويمكن أن تستعمل الطريقة ذاتها في الجوائز (الكمرات).
- تنفيذ جدران قص خرسانية مسلحة، تستعمل هذه الطريقة في التقوية بصورة خاصة عند الرغبة بتقوية البناء ضد القوى الأفقية كالزلازل وغيرها، يمكن لهذه الجدران المضافة الإسهام في مقاومة الأحمال الشاقولية إضافة لإسهامها في مقاومة القوى الأفقية.
- تنفيذ روابط معدنية لتكتيف البناء، هذه الطريقة بديلة للطريقة السابقة، في زيادة متانة البناء لمقاومة القوى الأفقية، ويتم فيها إضافة روابط معدنية بشكل جوائز شبكية.
- إضافة عناصر إنشائية جديدة من الخرسانة المسلحة أو من الفولاذ، يتم في هذه الطريقة تقوية العناصر الإنشائية الضعيفة بإضافة عناصر جديدة من الخرسانة المسلحة أو من الفولاذ، يتم مثلاً تقوية الجوائز بإضافة أعمدة جديدة لسندها، ويمكن تقوية البلاطات بإضافة جوائز جديدة أو إضافة أعمدة جديدة وجوائز، ومن البديهي إضافة أساسات جديدة للأعمدة الجديدة، ويجدر التنويه إلى أن تنفيذ أعمال التقوية يتطلب تفاصيل دقيقة وخبرة كافية للحصول على النتائج المرجوة.

طرائق تدعيم أساسات البناء:

ثمة طرائق متنوعة لتدعيم أساسات الأبنية، ويتم اختيار المناسب منها بما يتوافق مع موقع البناء ونوعية تربة التأسيس وطبيعة البناء، أهم هذه الطرائق:

حصر تربة تأسيس البناء بأوتاد محيطية مصبوبة بالمكان، أو حتى تربة التأسيس بمادة مناسبة مثل الروبة الإسمنتية أو مثل المواد الكيمياوية الرابطة، أو تنفيذ أوتاد دقيقة معدنية ومحمية بروبة إسمنتية ومواد عازلة، يتم غرز الأوتاد الدقيقة micro piles ضمن التربة تحت الأساسات مباشرة للأعماق المناسبة، ويتم ربط هذه الأوتاد مع الأساسات القديمة من أجل نقل الأحمال إليها.

وهناك طرائق أخرى مثل: تنفيذ أوتاد بالحقن المنفوث أو رصّ تربة التأسيس عن طريق مناطق حقن أو تنفيذ أوتاد تحت الأساسات من الخرسانة العادية أو المغموسة، أو يمكن في بعض الأحيان تنفيذ أوتاد خرسانية مسلحة مصبوبة بالمكان، بأقطار صغيرة لا تتجاوز عادة 45سم، حيث تدخل آلية حفر صغيرة إلى منسوب تأسيس البناء، وتقوم بحفر الأوتاد مع استعمال قمصان حماية معدنية لمنع انهيار التربة ضمن فراغ الحفرية، تكون هذه الأوتاد مجاورة للأساسات القديمة، ثمّ تُنقل حمولة هذه الأساسات إليها عن طريق استعمال عناصر معدنية تحتها، يتم حمايتها من الصدأ بالدهانات وتغليفها بطبقة حماية من الخرسانة المسلحة بشبك، ومن ثمّ طلاؤها بالإسفلت.

عوامل اختيار طريقة التدعيم المناسبة:

عند اختيار طريقة التدعيم المناسبة، يجب أخذ العوامل الآتية بالحسبان:

- كلفة التدعيم وكلفة الصيانة بما يؤمن حل اقتصادي للتقوية.
- إذا كانت التصدعات قليلة ومتفرقة، فتتم التقوية لكل تصدع وحده، أما إذا كانت كثيرة وعامة فيتطلب الأمر إعادة نظر أساسية في التصميم.
- يجب أن ينفذ التدعيم بحيث يمنع حدوث تطورات جديدة في علامات التصدع.
- يجب الاهتمام بالمظهر المعماري بعد التدعيم ودراسة الوظائف المعمارية بحيث تبقى محققة لغايات استثمار البناء، واتخاذ الإجراءات المناسبة لتحقيق ذلك.
- عند إضافة عناصر التدعيم في أثناء عملية التقوية، يجب التأكد حسابياً قبل التدعيم من أن إعادة توزيع الأحمال الحية لن تسبب زيادة القوى الداخلية

على العناصر الأخرى بما يفوق قدرتها على التحمل[1].

تكنولوجي (مهنة): Technology

التكنولوجي هو الشخص الذي يجمع بين علم التقنية والعلوم التطبيقية في المجالات التطبيقية وفي نواحي الحياة العملية، أي هو الشخص الذي يستطيع العمل نظرياً وعملياً للوصول إلى أعلى نسبة من الأداء والجودة المهنية من خلال مهارات علمية وعملية ناتجة عن خبرات وتدريب، مما يمكنه من حل أي مشاكل فنية تنجم من الأداء البشري أو عيوب صناعة ومشاكل الاستخدام التي تصادفه وذلك للوصول إلى أفضل أداء فني علمي متكامل.

التكنولوجيا هي كلمة مشتقة من الكلمة الإنكليزية Technology، وهي كلمة من شطرين: تكنو: وتعني تقني أو اختصاصي، ولوجك: أي علم بالمنطق، أي أن الكلمة معناها علوم التقنية أو العلوم التطبيقية، أما المعنى العلمي للتكنولوجيا فهو الاستخدام الأمثل والأذكى للعلوم الهندسية في المجالات التطبيقية وفي نواحي الحياة العملية[2].

(1) الموسوعة العربية، أحمد سليمان الحسن، محمد كرامة بدورة، مج6، ص495، (بتصرف).
(2) ويكيبيديا، الموسوعة الحرة، (بتصرف).

حرف الجيم

الجدران : Walls

الجدار wall هو عنصر من عناصر البناء بشكل سطح مستوي plane surface يحدد بثلاثة أبعاد: الطول والارتفاع والسماكة، يمكن أن يكون الجدار عنصراً إنشائياً، أي يحمل قوىً وأوزاناً غير وزنه الذاتي، أو أن يكون عنصراً غير إنشائي، أي لا يحمل إلا وزنه الذاتي، يكون الجدار بصورة عامة في المستوى الشاقولي (الرأسي vertical plane).

أنواع الجداران الإنشائية:

هناك ثلاثة أنواع من الجدران الإنشائية وهي الآتية:

- الجدران الحاملة load bearing walls: وهي التي تتحمل القوى والأوزان الشاقولية التي تطبق على الجدران ضمن مستواها، وتكون موازية لارتفاعها.
- الجدران الساندة أو الاستنادية retaining walls: وهي التي تتحمل القوى الأفقية من ضغط التربة بصورة متعامدة مع مستواها، أي بصورة موازية للسمك.
- جدران القص shear walls: وهي التي تتحمل القوى الأفقية من الرياح أو الزلازل أو غيرها التي تطبق عليها ضمن مستواها وبصورة موازية لطولها.

ويمكن أن يكون الجدار من نوع واحد، كما يمكن أن يكون من نوعين معاً، ويمكن أن يكون من الأنواع الثلاثة، كما في الجدران المحيطة بأقبية المباني.

مواد الجدران:

يمكن إنشاء الجدران من المواد الآتية:

- الحجر الطبيعي: هي المادة التقليدية التي كانت تبنى منها الجدران الحاملة بالاستعانة بالمونة كمادة رابطة، وأحياناً من دون مونة.
- اللّبن الترابي: هي مادة تقليدية تُصنع من خلط التراب الناعم بالقش، ثم تُجبل بالماء وتُصب في قوالب بشكل متوازي المستطيلات، وتُترك لتجف بأشعة الشمس، لتشكل أحجار صناعية خفيفة المتانة نسبياً وتتأثر بالرطوبة، كانت أحجار اللبن الترابي تُستعمل في الجدران الحاملة في المناطق التي لا توجد فيها أحجار طبيعية، إذ كانت تُستعمل مع المونة الترابية لبناء الجدران.
- الآجر الغضاري: هو من الأحجار الصناعية الحديثة نسبياً، إذ يوضع الغضار (وهو التراب الناعم جداً) المجبول بالماء ضمن قوالب نظامية، ثم يوضع في الفرن لدرجة حرارة 1400 °م فينتج منه حجر صناعي ذو متانة جيدة، ومقاوم جيد للرطوبة.
- الآجر الرملي الكلسي (الجيري): هو من الأحجار الصناعية الأحدث نسبياً (لأنه يصنع بطريقة مماثلة للآجر الغضاري، ولكن باستعمال مادتي الرمل والكلس (الجير lime) مع خلطها بالماء، ومتانة الآجر الرملي جيدة أيضاً، كما أن مقاومته للرطوبة جيدة.
- البلوك الإسمنتي: هو من الأحجار الصناعية الحديثة المكونة من الرمل والإسمنت والماء والمصبوبة بقوالب تحت الضغط، ويُعتنى به برشه بالماء لمدة أسبوعين على الأقل، وهو عملياً من أنواع الخرسانة، يمكن أن يكون البلوك مصمتاً، وذا متانة عالية، ويستعمل عندها في الجدران الحاملة، كما يمكن أن يكون مفرغاً، وذا متانة ضعيفة نسبياً، ويستعمل عندها في العناصر الإنشائية (كالقواطع الفاصلة بين الفراغات الوظيفية المختلفة).
- الخرسانة: تنشئ الجدران في هذه الحالة بالصب، وليس بالبناء كما هي الحال في المواد السابقة، ويمكن أن تكون الخرسانة مسلحة بقضبان فولاذية أو

تكون خرسانة عادية من دون تسليح، كما يمكن أن تكون الخرسانة مغموسة cyclopean أي مؤلفة من كتل حجرية عادية بنسبة (1:2)، تستعمل الخرسانة المسلحة في الجدران الحاملة والساندة، وفي جدران القص، أما الخرسانة العادية أو الخرسانة المغموسة، فتستعملان في الجدران الحاملة بصورة خاصة، كما يمكن استعمالها في الجدران الساندة ذات السمك الكبير، والتي تسمى الجدران الكتلية.

المواد الرابطة لأحجار البناء:

- المونة الكلسية: هي مادة رابطة قديمة مؤلفة من الرمل والكلس، وكانت تستعمل في الجدران المبنية من الحجر الطبيعي، تكون هذه المونة ضعيفة مقارنة مع المواد الحديثة.
- مونة القصرمل: هي مونة مكونة من التراب الأحمر والكلس مع بقايا حرق الأفران (رماد) بنسب معينة، وكانت تستعمل في الجدران المبنية من الحجر الطبيعي أو من الآجر، وهي ذات متانة ضعيفة أيضاً.
- المونة الترابية: تتكون من التراب والتبن والماء، وكانت تستعمل مع اللبن الترابي، وهي ذات متانة ضعيفة تتأثر بالرطوبة وبالعوامل المناخية.
- مونة الجص: تصنع من خلط الجص gypsum بالماء، وهي مونة سريعة التصلب، وكانت تستعمل مع الأحجار المنحوتة لبناء القناطر، متانتها متوسطة، ويعيبها تأثرها الشديد بالماء.
- المونة الإسمنتية: هي مادة رابطة حديثة ومتينة وتقاوم الرطوبة والعوامل المناخية بصورة جيدة، تتكون هذه المونة من الإسمنت والرمل بنسبة 3:1 أو 4:1، وتستعمل المونة الإسمنتية في الجدران الحاملة من الحجر الطبيعي أو الآجر الغضاري أو الآجر الرملي الكلسي، أو البلوك الإسمنتي.

طرائق إنشاء الجدران:

كانت الجدران تنشأ سابقاً بطريقة البناء masonry construction حيث تستعمل الأحجار الطبيعية أو الصناعية مع المونة المناسبة، ويبنى الجدار طبقة

(مدماك course) بعد الأخرى، ومع ظهور الإسمنت ومادة الخرسانة صار الجدار ينشأ بعمل قوالب مناسبة (ويوضع فيها التسليح إذا كانت الخرسانة مسلحة) ثم تصب الخرسانة بهذه القوالب للحصول على الجدران الخرسانية، وحالياً يمكن إنشاء الجدران بطريقة تمزج بين الطريقتين السابقتين، وذلك في المباني الخرسانية المسبقة الصنع، إذ تُصب الجدران لارتفاع طابق كامل في المعمل، وتُنقل للورشة وتركب جدران الطابق في مكانها، ثم يوضع فوقها السقف، وتُركب بعدها جدران الطابق الذي يليه وهكذا، مع تنفيذ ربط محكم بين جدران الطابقين المتتاليين والسقف بينهما بوساطة المونة الإسمنتية وقضبان التسليح.

طرائق معالجة وجوه الجدران:

تعالج الوجوه الداخلية للجدران بالطينة غالباً، وتكون الطينة مشابهة للمونة التي جرى استعمالها لبناء الجدران ذاتها، أما معالجة الوجوه الخارجية للجدران فتختلف باختلاف مواد الجدران، فتستعمل الطينة من مواد مناسبة مثلاً لأحجار اللبن الترابي، والأحجار الرملية الجيرية، والبلوك الإسمنتي، والجدران الخرسانية. أمّا أحجار الآجر الغضاري، فيمكن أن تترك من دون معالجة خاصة أو تعالج بالطينة، كانت الوجوه الخارجية للجدران المصنوعة من الحجر الطبيعي تعالج بأشكال كثيرة تتعلق بترتيب الوجه الخارجي وعمق النتوءات فيه، ووسيلة معالجته، وكانت المعالجة تتم بالوسائل اليدوية، وتُستعمل أحياناً الأحجار الغشيمة الموجودة في الطبيعة كما هي من دون أي معالجة، أو تعالج بالطينة، وتوافرت حالياً مناشر آلية تقوم بنشر الحجر بالأبعاد والقياسات المطلوبة، وعمَّ حديثاً استعمال الأحجار الطبيعية بدلاً من الطينة لمعالجة الوجوه الخارجية للجدران الخرسانية وللجدران المصنوعة من البلوك الإسمنتي، وتكون الأحجار في هذه الحالة غير حاملة[1].

---

(1) الموسوعة العربية، أحمد سليمان الحسن، المجلد السابع، ص493

جر المياه: Water supply/ Water conveyance

يعد الماء أهم الموارد الطبيعية فمن دونه لا تقوم حياة وعليه ترتكز أنشطة المخلوقات عامة والإنسان خاصة، وإلى جانب احتياجات الإنسان اليومية المباشرة إلى مياه شرب والأغراض الشخصية الأخرى كالطعام والغسيل وغيرها، فإنه يحتاج إلى الماء أيضاً لأعمال الزراعة والصناعة وتربية الحيوان وغيرها.

لم يكن لدى الإنسان البدائي الذي كان يعمل في الصيد أو الرعي حاجة إلى مشروعات جر المياه، فقد اعتاد الناس في ذلك الحين الاستقرار بالقرب من مصادر المياه العذبة، وكان السكان قلة مبعثرة لم تنذر بأي خطر جدي على تلوث مصادر المياه، ثم ما لبث الإنسان أن استقر وعمل في الزراعة فبرزت الحاجة إلى جر المياه لأغراض الري خاصة.

عرف عن البابليين والفراعنة قبل نحو 2000 عام من الميلاد، قيامهم ببعض مشروعات جر المياه، وخاصة لأغراض الري، فقد قاموا بإنشاء نظم من السدود والقنوات لتخزين مياه فيضان نهري الفرات والنيل واستخدامها في مواسم الجفاف.

بعد تطور الحياة الاجتماعية ونشوء المدن، أضحت القرى الزراعية مراكز حضرية، فبرزت مشكلة إمداد المياه لسكان المدن ولري المزارع التي تحيط بها.

المطر هو المصدر الأساسي للمياه الطبيعية العذبة كلها على سطح الأرض، عند هطول المطر تجري المياه الهاطلة إلى الجداول والأنهار أو تغوص في الأرض متسربة عبر طبقات التربة المسامية حتى وصولها إلى طبقة كتيمة تتجمع فوقها مكوّنة مياه جوفية، تعد المياه الجوفية مصدر مياه الآبار والينابيع التي تغذي الجداول والأنهار والبحيرات، تختلف نوعية مياه هذه المصادر اختلافاً كبيراً، فالمياه السطحية تحتوي عادة مواد معلقة وجراثيم أكثر مما تحتويه المياه الجوفية، غير أن المياه الجوفية تحتوي تراكيزاً أعلى من العناصر الكيمياوية المنحلة، ولما كانت نوعية المياه تختلف اختلافاً كبيراً بين مصدر وآخر، فإن قابليتها للاستخدام تعتمد على الغرض الذي ستستخدم من أجله، فالمياه التي قد تكون صالحة للري من دون

معالجة، قد لا تكون صالحة للشرب أو للصناعة وتتطلب عملية تنقية معقدة قبل أن تصبح صالحة للاستخدام.

يمكن تقسيم المصادر المائية التي تعتمد عليها مشروعات إمداد المياه إلى مصادر مائية جوفية كمياه الآبار، ومصادر مائية سطحية كمياه الأنهار والبحيرات، ومصادر مائية غير تقليدية كمياه البحر المحلاة، تكون المصادر المائية الجوفية عادة قليلة الكمية مقارنة بالمصادر السطحية مما يجعل الاعتماد عليها مصدراً رئيسياً لمياه المدن أو لمشروعات الري الكبيرة غير ممكن، أما المياه السطحية في الأنهار وبحيرات المياه العذبة فتعد المصدر الرئيسي لمياه المدن الكبيرة ولمشروعات الري الضخمة، أما مصادر المياه غير التقليدية كمياه البحر المحلاة فإن كلفتها الباهظة تجعلها مناسبة فقط لأغراض الشرب والاستعمالات الصناعية الخاصة.

يمكن تقسيم أعمال الإمداد بالمياه عموماً إلى أربعة أجزاء رئيسية هي: تجميع المياه، وتنقية المياه، وجر المياه، وتوزيع المياه.

يتلخص الغرض من أعمال تجميع المياه في سحب المياه من المصدر المائي ورفعها إلى أعمال التنقية، وتشمل أعمال تجميع المياه، في حال كون المصدر المائي سطحياً (نهر أو بحيرة)، منشأة المأخذ على النهر أو البحيرة، وقناة المأخذ، ومحطات الرفع، وفي حال كون المصدر المائي جوفي فإن أعمال تجميع المياه تقتصر على الآبار التي تسحب منها المياه بوساطة مضخات غاطسة أو رأسية ثم تجمع وتنقل إلى محطة المعالجة.

تهدف أعمال تنقية المياه إلى تحسين نوعية المياه لتصير ملائمة للاستخدام المطلوب، فالمياه التي ستستخدم لأغراض الري قد لا تتطلب أي معالجة أو قد تتطلب معالجة بسيطة كالتصفية والترشيح لإزالة المواد العالقة، أما المياه التي ستستخدم في الشرب أو في الصناعة فقد تتطلب معالجة أعقد كإزالة المواد المعلقة واللون والطعم والرائحة وقتل الجراثيم وتخفيف عسر المياه وغيرها.

تهدف أعمال جر المياه إلى نقل المياه من المصدر المائي أو من محطة المعالجة (في حال وجودها) إلى موقع الاستخدام، في الحال الأمثل، أي عندما يكون المصدر المائي قريباً من موقع الاستخدام ويقع على منسوب جغرافي أعلى، تستجر المياه بالإسالة الطبيعية (أي بفعل الثقالة) ومن دون الحاجة إلى ضخ، فقد اعتمدت مدينة دمشق مثلاً، مدة طويلة من الزمن على مياه نبع الفيجة الذي يبعد مسافة 17كم عنها، وتستجر المياه منه عبر نفق مائي بالإسالة الطبيعية بسبب فرق المنسوب الجغرافي الكائن بين النبع والمدينة، غير أنه غالباً ما تبرز الحاجة لجر المياه عبر مسافات طويلة جداً، ويكون ذلك أحياناً بوساطة الضخ، ويعدُّ النهر الصناعي العظيم في ليبية مثالاً مهماً على ذلك إذ تضخ كمية تراوح بين 2 و3 مليار متر مكعب من المياه سنوياً من خزّانات المياه الجوفية الواقعة في صحاري الجنوب إلى المدن الساحلية الواقعة في شرقي ليبيا وغربيها عبر شبكة من الأنابيب الضخمة.

تنقل المياه عامة عبر أقنية مكشوفة أو مغلقة، بالإسالة الطبيعية أو بوساطة الأنابيب التي تعمل تحت ضغط، أو بكليهما معاً، وللتخفيف من فواقد الاحتكاك التي تنشأ على طول المجرى المائي والتي تزيد من متطلبات طاقة محطات الرفع، يلجأ عادة إلى اختيار جريانات بطيئة نسبياً إذ تزداد الفواقد ازدياداً كبيراً مع زيادة سرعة الجريان.

تحفر الأقنية على سطح الأرض، للأقنية المكشوفة، وتبطن جدرانها عادة بالإسمنت لتخفيف الاحتكاك ولتقليص الرشح، وعندما يتقاطع مسار هذه الأقنية مع الوديان تستخدم الجسور المائية التي هي أقنية بيتونية مسلحة محمولة على أعمدة، أو تستخدم السيفونات المقلوبة، أما عندما تعترض مسار الأقنية المكشوفة حواجز جبلية فتستخدم الأنفاق المائية.

أما فيما يتعلق بالنواقل المغلقة، وعندما يكون الجريان فيها من النوع ذي السطح الحر، أي بفعل الثقالة، فغالباً ما تستخدم الأنابيب البيتونية الدائرية المقطع، وأما للنواقل التي تعمل تحت ضغط فتستخدم أنابيب مصنوعة من مواد متنوعة كالبيتون المسلح والفولاذ والحديد الصب والأسبستوس وغيرها، من أهم مميزات

الأنابيب البيتونية مقاومتها للضغط الخارجي وإمكانية تصنيعها محلياً من دون الحاجة إلى خبرة عالية وكلفة صيانتها المتدنية، أما عيوبها الرئيسية فتتلخص في عدم تحملها للضغوط الداخلية العالية وصعوبة نقلها لثقل وزنها.

تتميز الأنابيب الفولاذية من غيرها بسهولة النقل والتركيب لخفة وزنها وبتحملها ضغوطاً داخلية أعلى من غيرها، إلا أنها أكثر عرضة للتآكل وتحتاج إلى حماية مناسبة، تعد أنابيب الحديد الصب أكثر مقاومة للتآكل من الأنابيب الفولاذية، غير أنها أكثر صلابة، أما أنابيب الأسبستوس أو الأمينت فهي تصنع من خليط الإسمنت والأسبستوس وتتميز بنعومتها وتحملها ضغوطاً داخلية وخارجية كبيرة وسهولة تركيبها، غير أن مادة الأسبستوس تعد مادة مسرطنة وبالتالي فإن إنتاج هذا النوع من الأنابيب يتضاءل باستمرار بسبب خطورة التعرض لهذه المادة[1].

تصنع الأنابيب عادة بأقطار وأطوال نظامية، وتنقل الأنابيب ذات الأقطار الكبيرة إلى موقع التمديد بشاحنات خاصة وتستخدم آليات خاصة في تمديدها، وهناك عدة طرائق لوصل الأنابيب المعدنية بعضها مع بعض، منها الوصل باللحام والوصل بطرق ميكانيكية كالفلنجات والوصل بالتدكيك.

تنشأ الحاجة إلى محطات رفع المياه عندما يقع موقع الاستخدام على منسوب جغرافي أعلى من المصدر المائي، أو عندما تكون فواقد الطاقة بالاحتكاك على طول خط الجر كبيرة ولا يغطيها فرق المنسوب المتوفر بين المصدر المائي وموقع الاستخدام، وعامة تؤمن عملية رفع المياه بوساطة محطات ضخ تتألف من مجموعة من المضخات النابذة التي تعمل بوساطة محركات كهربائية أو محركات ديزل، يعد منسوب الماء الأدنى في حوض امتصاص محطات الضخ إحدى العقبات التي لا يمكن تجاوزها، فيجب ألا يزيد الفرق بين طرف سحب المضخات ومنسوب الماء في الحوض نظرياً على 10 أمتار وفعلياً على 6 أمتار تقريباً تفادياً لظاهرة التكهف، لذا فمن أجل الآبار العميقة طورت الصناعة مجموعة من المضخات الغاطسة قطرها أصغر من قطر البئر ويمكن تنزيلها في البئر إلى العمق اللازم، ويمكن لهذه

---

(1) راجع: وائل معلا، اسس التصميم الفني والاقتصادي لشبكات الري المضغوطة (وزارة الري 1996).

المضخات أن تتضمن مراحل متعددة لتوفير ضغط تصريف مرتفع مما يسمح لها بالضخ مباشرة إلى أنابيب الجر إذا لزم الأمر.

تحوي أنابيب جر المياه تجهيزات وملحقات كثيرة، لكل منها غرض معين كصمامات العزل وصمامات عدم الرجوع وصمامات الهواء وصمامات تخفيض الضغط وصمامات الغسيل وأجهزة قياس الضغط وأجهزة قياس الغزارة وأجهزة الحماية من المطرقة المائية وغيرها من التجهيزات، تصب أنابيب جر المياه عادة في منشآت لتجميع المياه والتي تنطلق منها أعمال توزيع المياه.

تعد عملية نقل المياه عملية مكلفة، ولاسيما حين تكون عبر مسافات طويلة وبالضخ، وبالتالي تكون المياه المستجرة في كثير من الحالات مرتفعة الثمن مما يجعلها غير مناسبة للاستخدامات التي تتطلب مياه رخيصة الثمن كالاستخدامات الزراعية[1].

الجرافة المائية : Dredger

الجرافة المائية dredges جهاز كبير، مجهز لحفر الطين والرمل والصخور والرسوبيات الأخرى من قاع المجاري المائية، الهدف الرئيس من عملية الجرف هذه هو المحافظة على قنوات صالحة للملاحة المائية، الأمر الذي يعد أساسياً لحركة نقل الحمولات الضخمة، يعد التجريف ضرورياً لأن الأنهار ترسب الطمي، ولأن التيارات البحرية تنقل الرمال وترسبها مما يسد القنوات ويجعلها لا تسمح بالملاحة.

يستخدم التجريف أيضاً لتعريض القنوات الملاحية وتعميقها، ولحفر القنوات، وللتعدين في أعماق البحار بغية استخراج الرمال والحصى والذهب والقصدير ومعادن أخرى.

لمحة تاريخية:

كان أول جهاز جرف بدائي كيساً جلدياً واسعاً ملحقاً بملعقة قوية تقع في

(1) الموسوعة العربية، وائل معلا، المجلد السابع، ص513، (بتصرف).

نهاية سارية طويلة، اعتمد الصينيون والآشوريون منذ القدم الجرف باستخدام الملعقة والحقيبة لتنظيف قنواتهم، كذلك اعتمدت هذه الطريقة لقرون عدة في البلدان الأوروبية.

وهناك طريقة جرف أخرى ترجع إلى عام 1400 اعتمدت استخدام محراث مدلى من قاع قارب، يقوم المحراث بتفكيك مواد القاع لمداخل الموانئ كي ينقلها المد بعيداً.

طور الهولنديون عام 1600 "طاحونة طين أمستردام" Amsterdam mudmill المصنوعة كلياً من الخشب، تتكون الطاحونة من قارب لنقل الرمال ذي مزراب مائل أو قناة تعبره في وسطه، يُنقل الطمي إلى أعلى القناة بوساطة ألواح مركبة عبر القناة على سلسلة طويلة تقاد بوساطة طاحونة دوس treadmill، استطاعت طاحونة أمستردام التي يمكن استخدامها فقط في المياه الهادئة، الحفر إلى أعماق تراوحت بين 3 و5 أمتار، وتستطيع إزالة 400 طن من الطين في اليوم الواحد، وقد عدّ هذا الرقم قياسياً في الإنتاج لجرافة استطاعتها حصانان بخاريان في ذاك التاريخ.

إن أول استخدام معروف لجرافة دلوية bucket dredge لها سلسلة طويلة مجهزة بدلاء عوضاً عن الألواح (عوارض) كان من أجل تعميق نهر الماس Maas في هولندا عام 1623 ، في هذا النوع من طواحين الطين، تحرك الدلاء النحاسية المركبة على السلسة باستخدام الطاقة البشرية، استخدمت طواحين الطين في أوروبا عامة حتى منتصف القرن التاسع عشر على الرغم من اختراع المحرك البخاري، وبنيت أول جرافة بخارية في عام 1796 واستخدمت في ميناء سندرلاند في إنكلترا.

استخدمت بعد ذلك المحركات البخارية ومحركات الاحتراق الداخلي لتوفير القوة الميكانيكية لمعدات التجريف، وهناك طريقة أخرى، استخدمت لأول مرة في القرن التاسع عشر، تقوم على استخدام المضخات لامتصاص الرمل أو الطين، فعلى سبيل المثال، تبقى مداخل نهري الميسيسبي وأورينوكو مفتوحة

بوساطة جرافات بحرية تمتص خليطاً من مواد القاع والماء وتطرحه في تيارات النهر أو المحيط.

آلية عمل الجرافة:

الجرافة سفينة لها مغرفة من نوع ما لالتقاط المواد، وآلية تشبه الرافعة لرفع المغرفة بحمولتها وتفريغها، تتكون وحدة التجريف الكاملة عادة من الجرافة نفسها، ومن قوارب النفايات، وزورق سريع، وقوارب الإمداد بالمياه والوقود، ورافعة لإرساء المراسي.

تثبت الجرافة بعد تعويمها فوق موقع العمل، بوساطة أعمدة ثقيلة تهبط من خلال فتحات في الجرافة وترتكز على قاع المجرى المائي، وهناك عادة ثلاثة أعمدة، عمودان عند طرف المغرفة، وآخر في مؤخرة الجرافة، تصنع هذه الأعمدة التي قد يبلغ طولها 21 متراً من العوارض الخشبية التي يبلغ مساحة مقطعها نحو 100سم^2، أو من الأنابيب الثقيلة جداً، تكون الأعمدة ذات رأس مستدق كي تخترق القيعان الصلبة، ويمكن تزويدها بنعال ذات مساحات مختلفة من أجل القيعان اللينة، تثبت الجرافة في موقعها في حال القيعان اللينة جداً، بوساطة المراسي فقط[1].

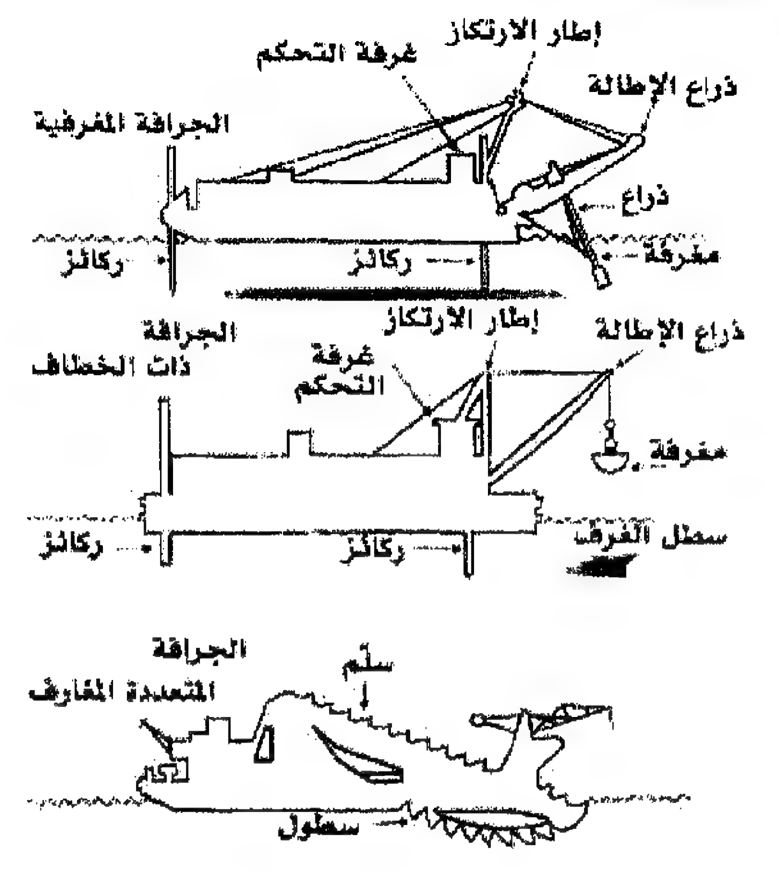
بعد أن تزيل الجرافة جميع المواد التي يمكن أن تصل إليها، ترفع الأعمدة، وتحرك الجرافة قدماً مسافة 1.5 إلى 3 أمتار إلى الموقع التالي عن طريق السحب أو القطر.

أنواع الجرافات:

تصنف الجرافات في صنفين عامين: جرافات متقطعة وجرافات مستمرة. الجرافات المتقطعة تتضمن الجرافات المغرفية والجرافات الخُطّافية وتشمل دلواً واحداً أو مغرفة واحدة، وتقوم بحفر الأحمال ورفعها بالتناوب، أما الجرافات المستمرة فتتضمن الجرافات السُلّمية والجرافات الهيدروليكية وجرافات الحت، وفيها تحفر الجرافات باستمرار وترفع المواد في آن واحد.

(1) R.S.NUNNY, P.C.CHILLINGWORTH, Marine Dredging for Sand and Gravel (Unipub 1987).

الجرافة المغرفية:



بعض أنواع الجرافات المائية

تشمل الجرافة المغرفية dipper dredge دلواً واحداً يدعى مغرفة مربوط بمقبض طويل، يكون الدلو المجهز بأسنان على أكثر درجة من الفعالية في المواد الثابتة كالرمل المرصوص أو الفضار أو طبقات الصخور اللينة، تستطيع الجرافات المغرفية أن تزيل 2820 إلى 7650م^3 من الرمل في 24 ساعة باستخدام دلو سعته 6.9م^3، وتستطيع الجرافات الكبيرة من هذا الصنف أن تجرف إلى عمق 15 متراً.

الجرافة ذات الخطاف:

يكون للجرافة ذات الخطاف (الكباشية) grab dredge دلو واحد يتدلى من نهاية عارضة صاري متأرجحة بوساطة سلسلة أو كبل، ويكون للدلو فكان أو أكثر تغلق وتنفتح من أجل التحميل والتفريغ.

ينزل الدلو إلى القاع مفتوحاً ويجعله وزنه يقتطع من مواد القاع ويمتلئ بينما يرفع ويغلق، يستخدم هذا النوع من الجرافات بوجه رئيسي من أجل المواد اللينة (الرخوة) التي يستطيع الدلو أن يغرق فيها بسهولة، ويمكن أن تستخدم للحفر في أعماق كبيرة عن طريق زيادة طول السلسلة أو الكبل.

الجرافة المتعددة المغارف:

تتكون الجرافة المتعددة المغارف (السُلّمية) ladder dredge من سلسلة من الدلاء الصغيرة تشكل سلسلة طويلة تدور حول إطار مائل يسمى السُلّم، يرتبط أحد طرفي السلم مفصلياً بهيكل الجرافة الفوقي، وينزل الطرف الآخر إلى القاع، تتلقى الدلاء حمولتها حين تمر من الطرف السفلي للسلم وتجرف القاع، تطرح الدلاء حمولتها في أنابيب أو أحزمة ناقلة حين تمر فوق آلية التقليب عند النهاية العليا للسلم[1].

الجرافة الهيدروليكية:

تمتص الجرافة الهيدروليكية hydraulic dredge المواد من القاع بوساطة أنبوب امتصاص مركب على سلم وموصول بمضخة قوية، تضخ المواد المحفورة عبر خط ضخ طاف حتى الشاطئ ومن هناك عبر أنبوب ضخ أرضي حتى المنطقة التي يتم ملؤها، تعد الجرافات الهيدروليكية التي تستطيع ضخ المواد إلى مواقع تبعد 3كم عن الجرافة من دون الحاجة لمضخات تعزيز الوسيلة الاقتصادية الأمثل للجرف.

الجرافة ذات المحراث:

للجرافة ذات المحراث (الحت) scouring dredge مشط غاطس أو محراث يحرك قيعان الأنهار التي تتكون من طمي خفيف ويثيرها فينقل تيار النهر المواد إلى موقع مناسب[2].

(1) TUNER, M.THOMAS, Fundamentals of Hydraulic Dredging (Cornell Mari¬time Press 1984).

(2) الموسوعة العربية، وائل معلا، المجلد السابع، ص532، (بتصرف).

الجسور: Bridges

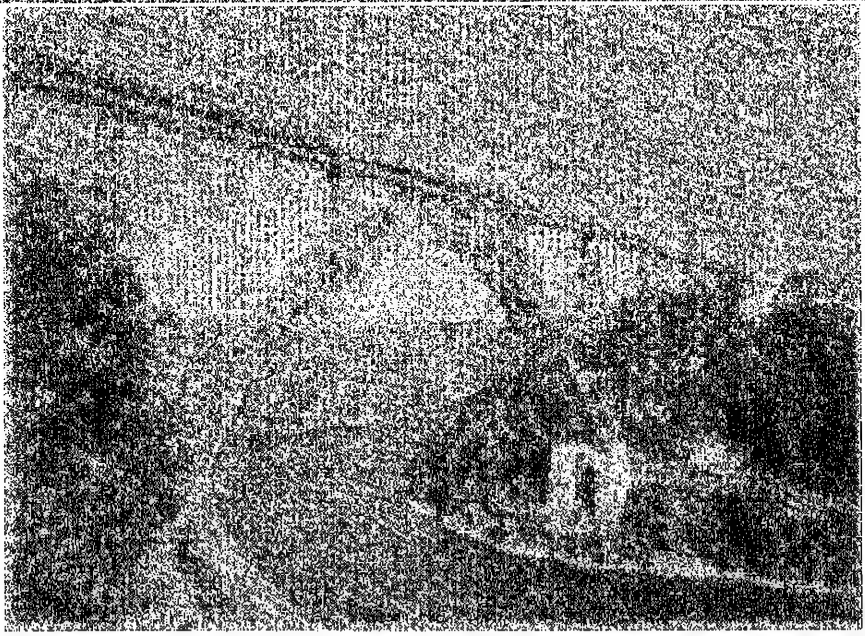
الجسور bridges منشآت تكوّن قسماً من الطريق، لتكون بديلاً عن الردميات الترابية في العوائق التي يمكن أن تكون مجاري مائية، كالأنهار والبحيرات، أو مجاري سيول أو وديان عميقة يوجد صعوبة في ردمها أو أن تكاليفها كبيرة أكثر من بناء الجسور بسبب ارتفاعها الكبير.

تبنى الجسور أيضاً عند تقاطع الطرقات المزدحمة لتسهيل المرور فيشاد بعضها فوق بعض في مستويين أو أكثر، وتترك معظم مداخل الجسور في المدن مفرغة للاستفادة من هذه المساحات ولمنع حجب الرؤية وللمنظر المعماري الجميل.

لمحة تاريخية:

إن الاتجاه الرئيسي في تطوير بناء الجسور كان متعلقاً بمستوى تطور القوى الإنتاجية عبر العصور المختلفة، ولعل وقوع جزء من شجرة على طرفي جدول هو الذي أوحى على الغالب للإنسان فكرة إنشاء ما يشبه ذلك المعبر عبر العوائق المختلفة.

عمد الإنسان قديماً إلى إنشاء جسور معلقة بدائية من النباتات المرنة من الحبال وربطها من طرف واد إلى الطرف الآخر وعلق وسادة خفيفة عليها، ومع تطور وسائل الإنتاج والحاجة إلى تبادل السلع بين أفراد البشر وبين المجتمعات أصبح بناء الطرق ضرورة حياتية، غير أن كثيراً من الطرق تعترضها أنهر أو وديان الأمر الذي تطلب تغطية جزء هذه الأنهر بالجسور، وكانت هذه الجسور في البدء على شكل قناطر من الحجر أو الخرسانة أو جسوراً خشبية ثم صارت تشيد من المعدن ومن الخرسانة المسلحة بالتسليح العادي أو بالتسليح المسبق الإجهاد.



(الشكل- 1) جسر معدني في فرنسا (تنفيذ غستاف إيفل)

وكان بناء الجسور الخشبية في العصور القديمة شائعاً، ومنها جسر في روما شيد عام 630ق.م، وجسر عائم على البوسفور(515)، وجسر على الدانوب وغيرها، ولكن هذه العصور شهدت بناء جسور حجرية، وخاصة في عصر العبودية، إذ إن استخدام أعداد كبيرة من العبيد مكّن، مع تدني مستوى التقنيات، من بناء منشآت حجرية ضخمة مثل المعابد والأهرام وغيرها، وكانت الجسور الحجرية في تلك العصور ضخمة وثقيلة، فبلغت سماكة الركيزة نحو نصف طول الفتحة، وبقيت الجسور الحجرية على حالتها هذه من حيث الضخامة والوزن حتى منتصف القرن الرابع عشر، ثم شاع بعد ذلك بناء جسور حجرية أخف وزناً وأصغر حجماً، فأقيم في كل من إيطاليا وجنوب فرنسا وغيرهما من المناطق الجنوبية من أوروبا عدد من الجسور الحجرية الخفيفة، وفي القرن التاسع عشر بدأ استخدام المعدن في بناء الجسور، وساهم في تطوير بناء مثل هذه الجسور المعدنية انتشار طرائق حساب المنشآت الجسرية وعلى الأخص في النصف الثاني من القرن التاسع عشر (الشكل- 1)[1].

(1) TUNER, M.THOMAS, Fundamentals of Hydraulic Dredging (Cornell Mari-time Press 1984).

أنواع الجسور:

تقسم الجسور من حيث الاستخدام إلى جسور طرق السيارات، وجسور خطوط السكك الحديدية وجسور مختلطة طرقية وسككية وجسور للمشاة وجسور لقنوات المياه أو أنابيب الغاز والنفط.

تصنف الجسور من حيث المكان إلى جسور داخل المدن أو خارجها، ومن حيث نوع التقاطع قد تكون جسوراً عبر الموانع المائية أو عبر المسيلات والوديان العميقة أو عند تقاطع الطرقات بعضها مع بعض.

(الشكل- 2) جسر خرساني مسلح بالقرب من شامونكس (فرنسا)

تقسم الجسور من حيث مادة البناء إلى جسور حجرية وهي أقدم أنواع الجسور، وجسور خرسانية وخرسانية مسلحة تسليحاً عادياً أو تسليحاً مسبق الإجهاد، وجسور خشبية، وجسور معدنية، وجسور مختلطة (الجزء العلوي منها من المعدن والخرسانة المسلحة)، وقد كان للجسور الحجرية في العصور الماضية مكانة كبيرة وأفضلية، إلا أن استخدامها في الوقت الحالي قلّ بسبب صعوبة مكننة تنفيذ الأعمال وبسبب الحاجة إلى العمل اليدوي الذي يعدّ مكلفاً.

ولا تشيد الجسور الحجرية عملياً في الوقت الحاضر، إلا على نطاق ضيق ولغايات معينة، ولا تستخدم الجسور الخشبية في الوطن العربي لعدم توافر الغابات

التي تمد هذه الجسور بالمواد اللازمة، وتستخدم الأخشاب في الغالب لبناء جسور مؤقتة، وخاصة في المناطق التي توجد فيها الغابات والأشجار الحرجية، أما الجسور المعدنية فقد أنشئ عدد منها فيما مضى إلا أن استخدامها في الوقت الحالي قلّ بسبب ضرورة استيراد المعدن، أما الجسور الخرسانية المسلحة (الشكل- 2) فتعد أكثر أنواع الجسور انتشاراً في سورية والبلاد العربية سواء كانت مسلحة تسليحاً عادياً أو مسلحة بالتسليح المسبق الإجهاد، وذلك لتوافر المواد اللازمة لبناء هذه الجسور، وللتطور الملحوظ عالمياً في بناء هذا النوع من الجسور، وعدم الاضطرار إلى استيراد المواد اللازمة لها من الخارج إلا ما ندر، وتقام هذه الجسور إما بصبها في المكان أو تكون مسبقة الصنع، وغالباً ما تبنى الركائز بصبها في المكان ثم يقام الجزء العلوي منها من قطع مسبقة الصنع ومسلحة بالتسليح العادي للفتحات الصغيرة وبالتسليح المسبق الإجهاد للفتحات الأكبر، وتستخدم في سورية رافعة انزلاقية يمكنها أن تحمل قطعاً مسبقة الصنع يزيد وزنها على 140 طناً وبفتحة تصل حتى 45 متراً، وقد تم بوساطة هذه الرافعة بناء عدد كبير من الجسور، ويوجد في مصر عربات متحركة يمكن بوساطتها بناء الجسور الخرسانية المسلحة المصبوبة في المكان أو المسبقة الصنع بالطريقة المعلقة حيث يصل طول الفتحة إلى 150 متراً[1].

العناصر الرئيسية للجسر:

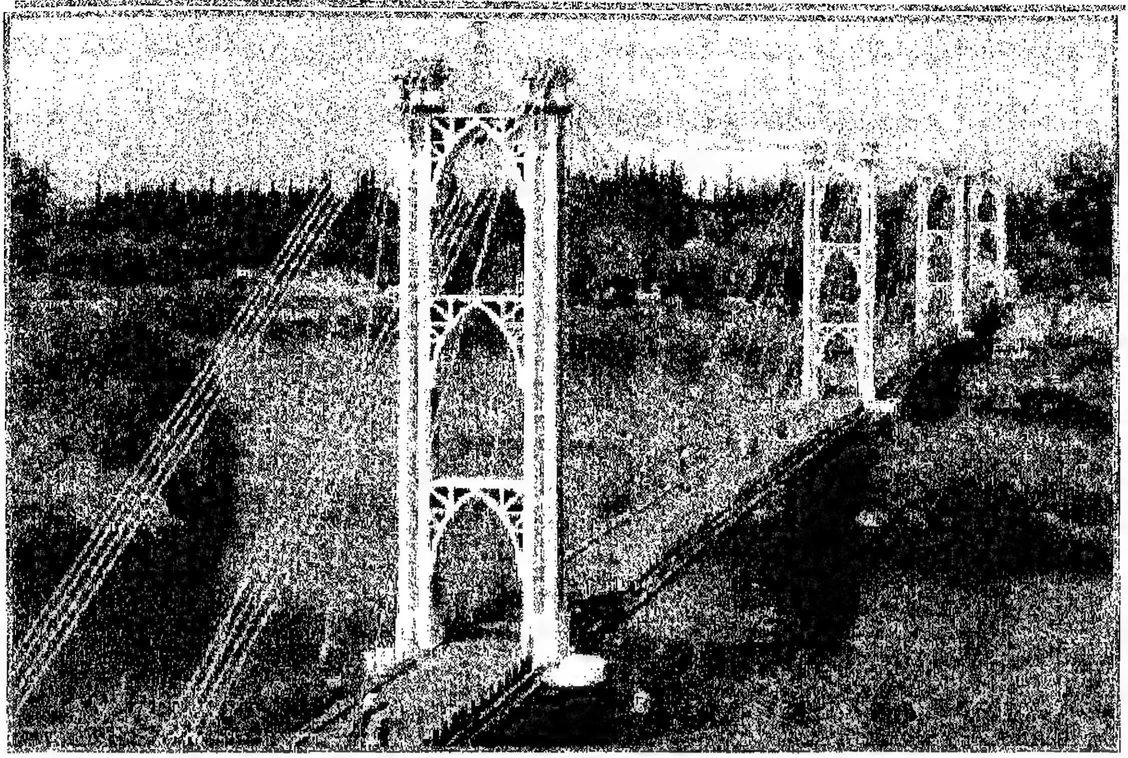
يتألف الجسر من العناصر الرئيسية الآتية:

الركائز والجزء العلوي الذي يغطي الفراغ بين الركائز، يضاف إلى ذلك في الجسور المقامة على الأنهر المنشآت المنظمة لجريان المياه تحت الجسر وخاصة أثناء الفيضانات.

أما أساسات الجسور فقد تكون سطحية أو على أوتاد، والأوتاد إما أن تكون مصبوبة في المكان أو مسبقة الصنع.

---

(1) R.S.NUNNY, P.C.CHILLINGWORTH, Marine Dredging for Sand and Gravel (Unipub 1987).



(الشكل- 3) جسر دير الزور (سورية)

تقسم الجسور من حيث عدد الفتحات إلى جسور ذات فتحة واحدة أو متعددة الفتحات وتقسم من حيث الشكل الإنشائي إلى جسور جائزية (بسيطة وظفرية ومستمرة) وتكون ردود الأفعال فيها شاقولية، وجسور إطارية ردود الأفعال فيها شاقولية وأفقية، وجسور إطارية مكبلة لتغطية الفتحات الكبيرة، وخاصة عبر الوديان العميقة، وهي مقاومة أساساً لقوى الضغط، ولتغطية الفتحات الكبيرة جداً هناك ما يعرف بالجسور المعلقة التي تقاوم كبولها الفولاذية قوة الشد (الشكل- 3).

وتقسم الجسور بحسب منسوب المرور، أي بحسب توضع غطاء الجسر بالنسبة لجسم إنشاء الجسر، إلى جسور ذات منسوب علوي أو وسطي أو سفلي، ومن حيث الديمومة هناك جسور دائمة تخدم لسنين طويلة وجسور مؤقتة تخدم لمدد محدودة، وتنقل من مكان إلى آخر، ومنها الجسور العسكرية العائمة، ومن أجل مرور السفن تحت الجسور يرفع منسوب الجزء العلوي منها بقدر كاف فوق منسوب المياه، أو يتم بناء جسور متحركة تسمح بمرور السفن برفع غطاء الفتحة المخصصة لهذه الغاية أو بتدويره أو بفتحه جزئياً، كذلك وتقسم الجسور بحسب أبعادها

وصعوبة تصميمها وتنفيذها إلى أربعة أنواع: جسور صغيرة لا يزيد طول المسافة بين طرفي الركيزتين الطرفيتين فيها على 25 متراً، وجسور متوسطة يراوح طولها الكامل بين 25 متراً و100 متر وطول الفتحة الواحدة فيها نحو 50 متر، وجسور كبيرة يصل طولها الكامل إلى نحو 500 متر أو يكون طول الفتحة الواحدة فيها في حدود 100 متر، وهناك أيضاً الجسور ذات التصنيف العالي التي يزيد طولها الكامل على 500 متر أو التي يكون طول الفتحة الواحدة فيها أكثر من 100 متر.

من الأمور المهمة للجسور المبنية عبر الممرات المائية تحديد طول الفتحة المائية الأعظمية التي تسمح بمرور الغزارات الأعظمية (التصميمية) للمياه في أثناء الفيضانات، ومن الضروري تأمين عبور المياه الأعظمية بأمان مع مراعاة وجود الردميات وجذوع الأشجار وغيرها في أثناء الفيضانات، تحدد أبعاد العناصر الرئيسية للجسر (الجزء العلوي والركائز والأساسات) عند وضع الدراسة لتصميم الجسر، ويحدد عرض الجسر بحسب عرض الطريق الذي يخدمه، أما أبعاد ما تحت الجسر فتحدد بحسب المواصفات الخاصة بالجسور، وهي تختلف بحسب الغاية كأن تكون لتمرير السيارات أو القطارات، وعند تصميم الجسور يلتزم بأن تكون هذه المنشآت متينة وذات ديمومة عالية وثابتة تحت تأثير الحمولات الثابتة والمتحركة وأن تضمن الحركة السليمة على الطرقات التي تخدمها من دون انقطاع مع مراعاة إمكانية تطور حمولات المركبات التي تسير عليها.

إن اختبار الجسور ضروري لمعرفة مدى توافق التصميم مع الواقع، ولهذا يجب تجريتها للحمولات الثابتة (الستاتيكي) بوضع حمولات غير متحركة عليها أما تجربتها ديناميكياً فيتم بتمرير حمولات متحركة بأوزان مختلفة وبسرعات متعددة.

ويتم عادة في الاختبارات الستاتيكية قياس تشوهات الجزء العلوي وقياس الإجهادات ومقارنة ذلك مع التشوهات والإجهادات التصميمية، وتأثير الحمولة الثابتة والحمولة الحية.

أما الاختبارات الديناميكية فتهدف إلى دراسة عمل الجسر من جميع النواحي تحت تأثير الحمولات المتحركة وذلك بقصد تحديد المعطيات والعوامل الخاصة بالحسابات الديناميكية[1].

(1) الموسوعة العربية، محمد زهري حبوس، المجلد السابع، ص606، (بتصرف).

حرف الحاء

الحجر: Stone

يعتبر الحجر من أقدم مواد البناء المعروفة وبالنظر لخواصه الفريدة فقد اعتبر الحجر من المواد الأساسية في الأبنية الدائمة وظل الحجر هو المادة السائدة في البناء حتى حلول القرن العشرين حيث أدخلت مواد أخرى.

الحجر الطبيعي له عدة مصادر منها الأردن وفلسطين والسعودية والمغرب وغيرها..

تصنيفات الحجر:

1- التصنيف حسب المركبات التي يحتويها:

أ- حجارة تحوي سلكيا بشكل رئيسي مثل حجر الكوارتز.

ب- حجارة تحوي سيليكات ومعادن أخرى: إن معادن السيليكات تحوي فلدسيار الذي هو سيليكات الألمنيوم مع جير وبوتاسيوم وعندها تكون حمراء أو زهرية صافية أما إذا كانت سيليكات الألمنيوم مع الحديد فإن لونه يصبح بنياً أسوداً.

ج- حجارة تحوي معادن كلسية وهي إما تكون كالسيت أي كربونات الكالسيوم النقية أو دولوميت أي كربونات الكالسيوم مع المغنيسيوم.

2- التصنيف حسب المنطقة التي استخرج منها الحجر:

أ- حجر شيوخ (وهو الأكثر شيوعاً في قطاع غزة).

ب- حجر قباطية.

ج- حجر انجاصة (الأكثر شيوعاً في قطاع غزة).

د- حجر جماعين (غالي الثمن لأنه قاسي وصلب وذي جودة عالية).

هـ- حجر يطا.

3- التصنيف حسب النقش:

يتم نقش وجه الحجر بأشكال متعددة منها :

❖ ملطش (منقر):

تم نقش هذا الحجر بتنقير السطح بالشوكة المدبية موزعاً توزيعاً منتظماً قدر الإمكان وموحداً لكامل البناء على ألا يزيد عمق التنقير في بناء الدرجة الأولى عن 3 ملم وعن 5 ملم في بناء الدرجتين الثانية والثالثة.

❖ حجر مسمسم:

يتم نقش هذا الحجر بتهذيب السطح بالأزميل بخطوط متساوية ومتوازية أفقياً أو عمودياً أو بزاوية 45 درجة وبشكل مكثف مع مراعاة عدم زيادة عمق النقش عما هو مبين فيما يلي:

بناء درجة أولى 3 ملم.

بناء درجة ثانية 5 ملم.

❖ حجر طبزة:

يتم نقش هذا الشكل بترك بروز الوجه طبيعية دون أي تهذيب سوى إزالة الرؤوس المدببة أو النافرة والظاهرة بشكل غير لائق على ألا يزيد بروز الدرجة عن 90 ملم من مستوى الحواف وألا يقل عن 50 في بناء الدرجة الأولى و40 في بناء الدرجة الثانية و30 في بناء الدرجة الأولى.

❖ حجر مطبة:

يتم نقش هذا الشكل بتسوية وجه الحجر أولا إما يدوياً أو بالمنشار ثم دقه بالمطبة سن 10 أو 12 أو 14 بشكل مكثف وحسب ما هو مطلوب على أن يكون وجه الحجر خالياً من أي تجويف أو نقر أو ما شابه من عيوب.

❖ حجر ممشط:

يتم نقش الوجه بتسوية سطح الحجر أولاً ومن ثم تمشيط الوجه بالمشط الخاص وبشكل مكثف هذا ولا يصلح الشكل إلا للأحجار الطرية.

مزايا الحجر الطبيعي:

- ثبات الألوان وعدم تأثره بالعوامل الطبيعية.
- العزل الحراري والصلابة والمتانة.
- المحافظة على الشكل والرونق الطبيعي.
- قلة الحاجة إلى الصيانة.
- مناسبته لكافة الظروف المناخية.

العيوب الحجرية:

1- الفجوات: على هيئة جيوب داخل الحجر مما يجعله ضعيفاً بمرور الزمن.
2- التسوس: على هيئة جيوب مملوءة بمواد متحجرة– كالصدف مثلاً.
3- العروق: عبارة عن شقوق مملوءة بمواد أهمها كربونات الكالسيوم المتبلورة.
4- الرقش: وهي جيوب مملوءة بمواد طباشيرية الأمر الذي يشوه منظره ويجعله ضعيفاً أيضاً.

التحجير:

هي عملية إخراج الحجر من موضعه في المحجر وقبل المباشرة في إخراج الحجر لابد من معرفة صلاحية الحجر للاستعمال والتأكد من أن الحجر يحقق المتطلبات من حيث القوة والصلابة وإمكانية التصنيع والدوام واللون والمسامية بالإضافة إلى سهولة التحجير والوصول إليه والحجم والنقل وعمق التحجير وقرب الطبقات من السطح وهي كلها عوامل مهمة من عوامل دراسة صلاحية الحجر للبناء كما أن تركيب الطبقات والفواصل تلعب دوراً هاماً في إمكانية التحجير بكتل

مناسبة قوية حيث يجب أن يخلو الحجر من الفواصل القريبة والتشققات والفواصل الضعيفة.

هذا ويمكن استعمال التثقيب والفلق في التحجير مع الاستعانة بالتشققات الموجودة بين طبقات الصخر فهذه تحدد سماكة الكتل التي يتم تحجيرها.

عند عمل الثقوب في المحجر ذي الطبقات تكون الثقوب متعامدة مع اتجاه الطبقات وفي حالة وجود الصخر ككتلة دون طبقات تعمل ثقوب رأسية وأفقية.

في كلتا الحالتين تدخل الأسافين لكي تفصل الصخر باتجاه الثقوب ثم تقطع إلى الكتل اللازمة ثم تهذب.

تستعمل المناشير لكي تقطع الصخر للأحجام والأبعاد المطلوبة.

التصنيع:

1- بعد استخراج الكتل الحجرية من المحاجر يتم تربيع هذه الكتل إلى المقاسات والأحجام المطلوبة إما يدوياً أو بالمنشار.
2- بعد ذلك يتم نقش الحجارة بالنقوش المطلوبة على ألا يقل غور الحجر في الوسط عن (150) ملم و(120) ملم و(80) ملم للحجر المستعمل في بناء الدرجة الأولى والثانية والثالثة على التوالي.
3- أما البطن العلوي والسفلي فيمكن أن ينقص الغور على 70.50ملم على التوالي فيما لا يجب أن تقل لصاقات الحجر (الجوانب الرأسية) عن 50.40 ملم على التوالي.
4- إذا استعمل المنشار الحجري في تربيع الحجر فيجب أن يتم تنقير لصاقات الحجر وبطنيه العلوي والسفلي بشكل كاف لإحداث التماسك الجيد مع الملاط.

تركيب الحجر:

يوجد حالتان في تركيب الحجر:

1- أن يكون البناء قيد الإنشاء ويراد تغطيته بالحجر الصخري.

2- أن يكون المبنى قد تم بناءه ومن ثم يراد تكسيته بالحجر الصخري.

في كلا الحالتين يتم وضع شبكة من الحديد قطره 6 ملم ويتم صب خرسانة بين الجدار والتغطية ولكن الاختلاف في الخرسانة ففي الحالة الأولى يتم وضع رمل واسمنت وحصمة أما الحالة الثانية فلا يوضع حصمة.

يجب وضع حزام من الخرسانة المسلحة تحت التكسية بالحجر الصخري أو ترك مسافة من نفس حزام الجدار وفي حالة وجود طاير يراد تكسيته بالحجر يتم تثبيت صفائح من الألمنيوم لحمل الأحجار تحت الطاير، ويتم العمل من أول المدماك حيث تؤخذ مسافة متساوية بين الجدار والتكسية من كلا الطرفين ثم يتم تسوية قائمة الحجر بالميزان ثم يوضع الحبل ويكمل بقية المدماك ويوضع غراء بين الأحجار مع مجفف لسرعة اللصق، ويتم وضع أسافين من الخشب تحت الأحجار لتحديد المسافة بين المداميك يتم إزالتها فيما بعد.

تثبت الحجارة بالشبكة عن طريق ربطها بأسلاك يتم تمريرها بثقوب يتم ثقبها في الحجر بقطر 4 ملم حيث يجب أن يتم ثقب كل حجر ثقبين وتكرر هذه العملية في عدة أحجار من كل مدماك ويتم صب الخرسانة على ارتفاع مدماكين.

عند الانتهاء من المدماك المعامد له على الجدار العمودي على الجدار الأول يتم التقاء الحجر مع الحجر بقسمها طولياً على زاوية 45 درجة أو يمكن أن تترك بشكل أفقي.

التلميع أو التنظيف:

بعد الانتهاء من تركيب الحجر تفك الأسافين ثم ينظف وجه الحجارة من الأوساخ العالقة بإحدى طريقتين إما بالمضخة الهوائية مع الرمل أو الديسك مركب فيه فرشاة سلك.

بعد الانتهاء من عملية التنظيف يتم فتح الفراغات بين الأحجار ويتم وضع مونة بين الأحجار مكون من اسمنت أبيض ورمل كسارة (كوارتز) ثم تنظف هذه

الفراغات بين الأحجار باللون الأسود بفرشاة رسم صغيرة حسب الرغبة شريطة أن تكون المونة ما زالت لينة حتى تتشرب الدهان.

أخيراً يتم دهن السطح كله بماء النار والماء ليعطينا اللون الأصلي واللامع للحجر القدسي.

الشروط العامة لتنفيذ الحجر:

1- يجب أن يكون الحجر على اختلاف أنواعه (الملطش، المجلي، المثمن...) من النخب الأول الصلب خالياً من الأملاح والعروق والسوس ولا وجود للمواد الغريبة فيه.

2- يجب أن يكون متجانس اللون والمظهر ولا يفقد تجانسه مع مرور الزمن.

3- يجب أن تخضع الكمية الموردة للفحص المخبري بعد مرورها من الفحص البصري وذلك للتأكد من خواص الحجر، حسب البيان التالي:

فحص نسبة الامتصاص القيمة المطلوبة < أو يساوي 3٪

الكثافة النوعية القيمة المطلوبة > أو يساوي 2600 كغم/م^{3}

قوة التحمل (الكسر) القيمة المطلوبة 600- 800 كغم/سم^{2}

4- على المقاول تقديم عينات من الحجر المراد تركيبه لتكون نموذجاً لنوع الحجر وتبقى هذه العينات محفوظة لدى المهندس المشرف طيلة فترة تنفيذ العمل ويرفض كل حجر أو كمية الحجر التي تختلف عن العينات المقدمة أو الغير مطابقة للمواصفات أو إذا حدث بها رقع أو وصل بأي مادة.

5- يجب تخشين سطح الملامس لجهة الباطون بشكل جيد بالشوكة وبموافقة المهندس.

6- يبنى الحجر على بطنه الطبيعي بعد تنظيفه وغسله بالماء للتخلص من ظاهرة تشييد الحجر.

7- تكون الحلول الأفقية والعمودية بسمك متساو مقداره 5ملم ويجب استعمال الأسافين الخشبية (في الخارج فقط) وبسماكة الحل وبمعدل 12 إسفين لكل حجر.

8- يجب أن تكون حلول البناء بخطوط مستقيمة خالية من أي تعرج ومتعامدة مع بعضها وتنظيف الحلول أولاً بأول وبعمق لا يقل عن 1.5 سم.

9- يجب أن يكون البناء على القدة والميزان والخيط والشاقول.

10- يراعى دعم أحجار التلبيس والبروزات في الأماكن التي يرى المهندس ضرورة لدعمها بطوبار مناسب للمحافظة عليها من الدفع عند صب الباطون ويتحمل المقاول مسؤولية أي ضرر من هذا القبيل.

11- يمنع صب الباطون خلف الحجر لأكثر من مدماكين لتجنب حدوث خنه في الحجر (تعشيش).

12- يجب خلط مونة لبناء الحجر تكفي للعمل بها خلال نصف ساعة على الأكثر وكل مونة يمضي عليها أكثر من هذه المدة لا يسمح باستعمالها حتى ولو أضيفت إليها كميات أخرى من الاسمنت.

13- لا يقل ركوب الحجر (التشريك) عن 25 سم من كل جهة إلا إذا كان محصوراً تحت لمع يزيد عرضها عن 50 سم فيجب أن يحصر الركوب إلى منتصف اللمع.

14- يجب قدح القطع المجلفنة لتثبيت الحجر بالباطون على عمق 2.5 سم (منتصف الحجر) ويجب غمس المجلفنة بالمتينة لضمان تماسكها بالحجر.

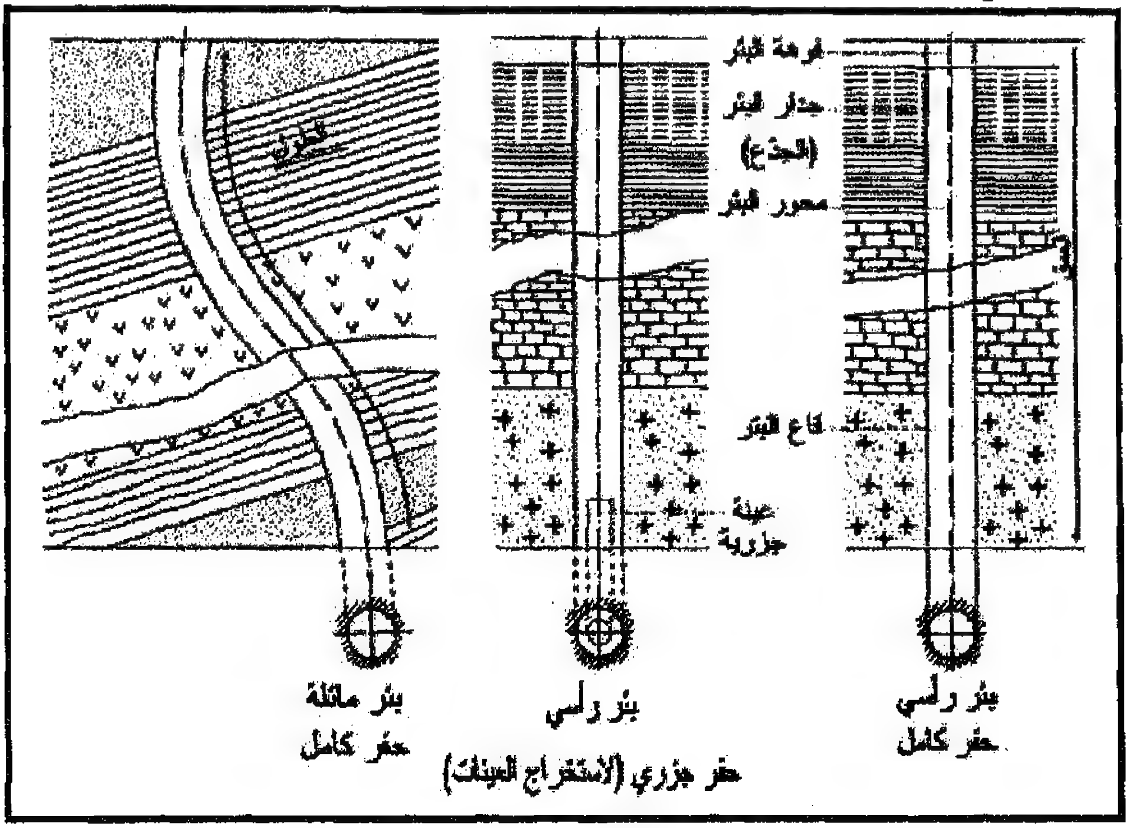
15- مراعاة أن يتم القدح في الباطون القائم بشكل مائل.

الحجر الصناعي:

الحجر الصناعي هو عبارة عن أحجار تصب بقوالب بخلطات خاصة ومشكلة هذا النوع أنه لا يدوم كالحجر الطبيعي بالإضافة إلى أن العوامل الطبيعية تؤثر بجودته ولا يمكن عمل الديكورات اللازمة منه ولا يمكن اللعب بقياساته فهي ثابتة وأي قص بها قد يتلف الحجر...

حفر الآبار: Drilling of the well

البئر well هو ثقب أو ممر (حفرة أسطوانيّة) غالباً ما يكون عمودياً، يُحفر في الأرض عبر الصخور لاستخراج المياه الجوفية أو البترول أو الغاز، من باطن الأرض إلى السطح، بقطر مناسب وعمق كبير.



(الشكل- 1) رسم تخطيطي لبئر

لمحة تاريخية:

يرجع اكتشاف الآبار إلى أيام المصريين القدامى، وقد اشتهروا بطريقة الحفر اللولبي للآبار، التي تطورت فيما بعد، واستعملت في الصناعات المعدنية وحفر آبار المياه والبترول والغاز، وتميّزت بلاد الشام وما بين النهرين بالآبار المحفورة يدوياً ذات الأعماق السطحية (القليلة نسبياً)، إذ استخدمت في سد الحاجات المنزلية، وكانت تُغلف بوساطة الأخشاب أو الصخور أو المعادن، كما اشتهرت بلاد فارس بالآبار النفقيّة التي انتشرت في مناطق آسيا وإفريقيا وجنوب أُوربا، وتُعد أُولى الدول التي وجد فيها هذا النوع قبل ثلاثة آلاف عام، وفي الولايات المتحدة الأمريكية وبريطانيا ظهرت الآبار الأفقيّة وانتشرت في عدة مناطق.

تصنيف الآبار:

تُصنف الآبار بحسب الغرض من حفرها إلى ما يأتي:

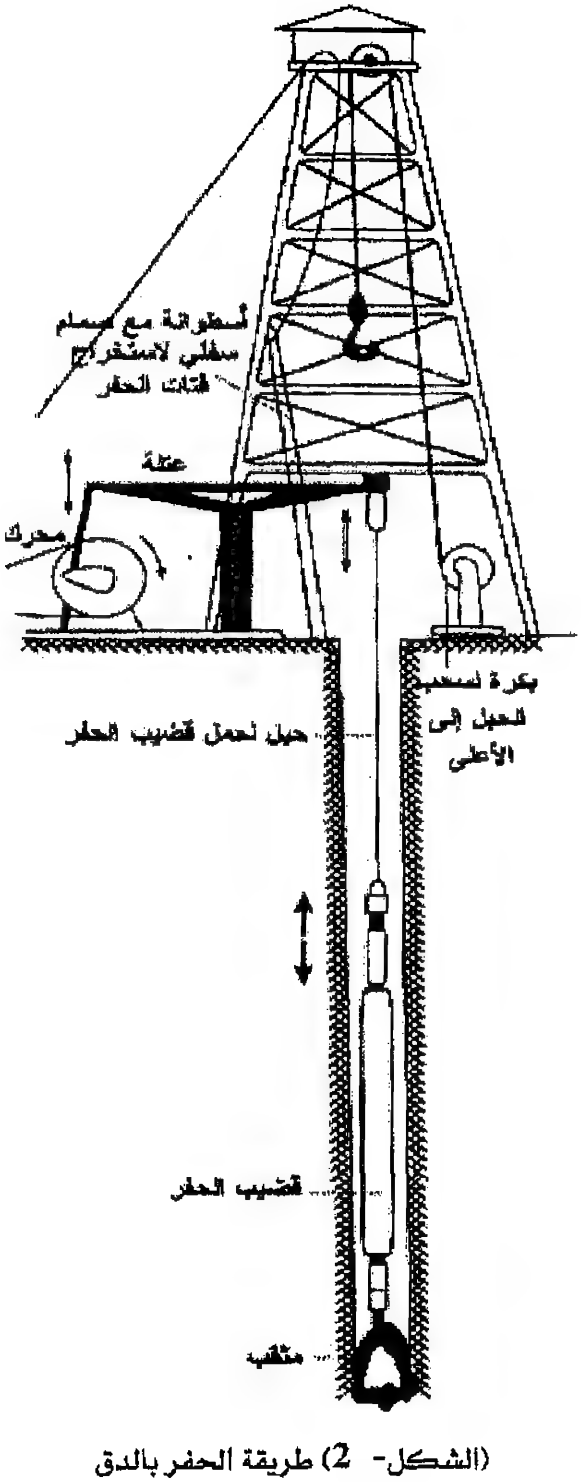
1- الآبار الاستكشافيّة: تُحفر من أجل التحري عن المياه الجوفية أو البترول.

2- الآبار الإنتاجيّة: تُحفر من أجل استثمار المياه الجوفية أو البترول.

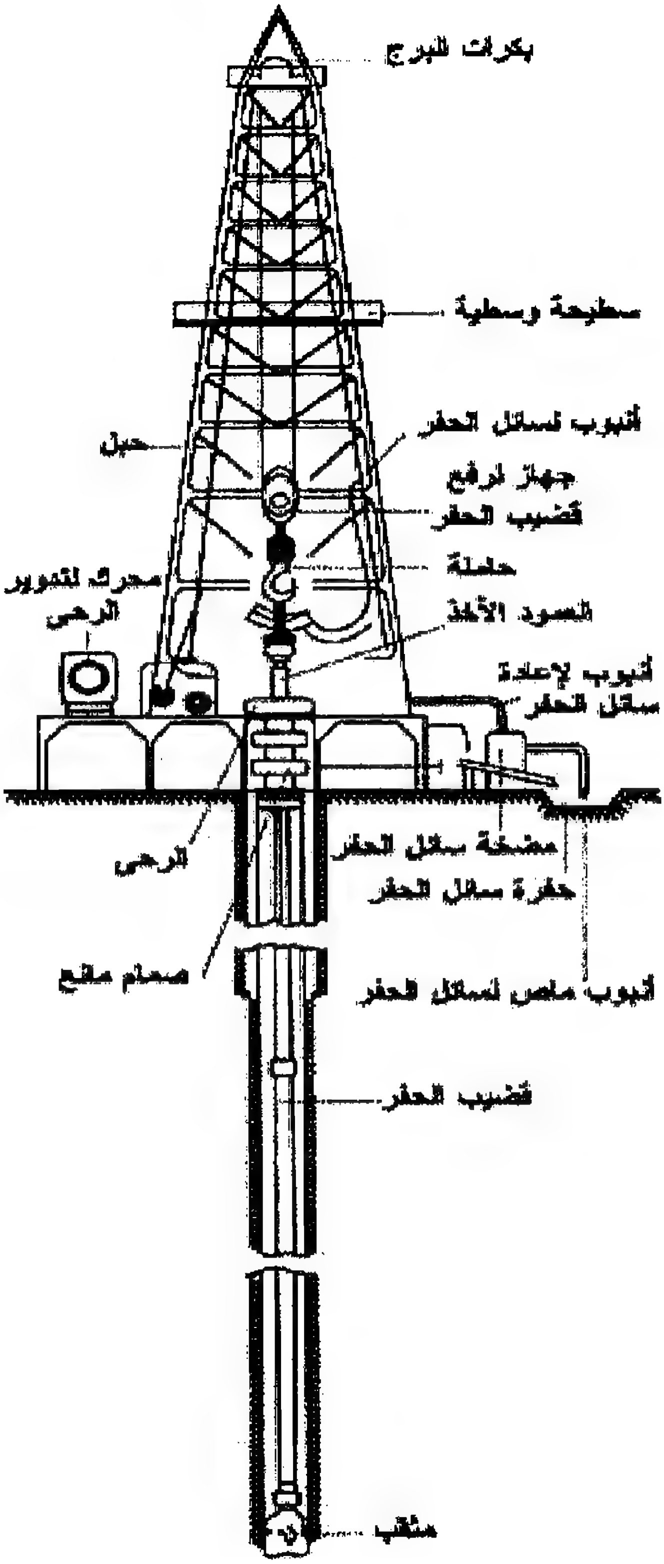
3- آبار المراقبة: تُحفر من أجل مراقبة تذبذبات مستوى السائل، وتُستعمل لإجراء تجارب الضخ.

4- آبار التطعيم الاصطناعي: تُحفر بغرض تغذية المياه الجوفية صناعياً.

طرق حفر الآبار:



(الشكل- 2) طريقة الحفر بالدق



(الشكل- 3) طريقة الحفر الدوراني

تُحفر الآبار السطحية عادةً يدوياً بالأدوات البدائية البسيطة المعروفة، أما إذا كانت عميقة فتُستخدم الطرائق الآتية:

1- طريقة الحفر بالدق: تُحفر الآبار بهذه الطريقة بالإسقاط المتكرر لريشة حفر ثقيلة بشكل إزميل إلى أسفل البئر، لتحطيم الصخور المتماسكة والحصى والتراب والرمال، ويُحفر بشكل متقطع وعلى مراحل، لإتاحة الفرصة لتحريك المواد المتكسرة بوساطة صمام الحفر النازح (المنزحة)، ويتغير طول ريشة الحفر من متر واحد في حال الآبار ذات الأقطار الكبيرة إلى بضعة أمتار في حالة الآبار ذات الأقطار الصغيرة، أما المنزحة فتتكون من مقطع أنبوبي يلتصق به صمام عند القعر، يغلق الصمام تحت تأثير ثقل الماء والفتات الصخري اللذين يعلوانه في أثناء رفع المنزحة مما يمنعها من الخروج، ثم تُرفع إلى السطح بعد امتلائها بالمواد الصخرية، وتفريغها، وتراوح أطوالها ما بين 3- 9 أمتار تقريباً، وذات أقطار مختلفة الأبعاد، وسعتها ما بين 0.07- 3.4 م^3 تقريباً، ويُدور سلك الحفر ليتمكن الدقاق من تكوين حفرة مستديرة، ويجب أن يضرب الدقاق قاع البئر باستمرار، ويُضاف الماء إلى البئر لتبريد ريشة الحفر وتخفيف الاحتكاك، ويشكل مع قطع المواد المحطمة عجينة تُستخرج من البئر كل 121- 152 سنتيمتراً، وتعتمد سرعة الحفر على نوع الصخر ووزن وقطر ريشة الحفر وعدد الضربات أو الدقات بالثانية وأيضاً الخبرة العملية، تُعد تكاليف الحفر بالدق رخيصة مقارنةً بتكاليف الحفر الدوراني إلا أنها تحتاج إلى وقت أطول (الشكل- 2).

2- طريقة الحفر الدوراني: تختلف هذه الطريقة عن طريقة الحفر بالدق اختلافاً كلياً، فالثقّاب مثبت مع قضيب الحفر الذي يدور باستمرار، وتغذى حركته الدورانية المستمرة من محرك وتجهيزات خاصة، موضوعة بالقرب من فوهة البئر من الأعلى، وقد صُنع الثقاب بشكل يلائم نوع العمل، فهو يأخذ شكل ذيل السمكة للاستخدام في تربة قليلة القساوة، أما في الأحجار والصخور القاسية، فيأخذ الثقاب أشكالاً مختلفةً، وكثيراً ما يكون الثقاب مُجهزاً برؤوس

ماسية، أما قضيب الحفر المثبت به الثقاب من الأسفل فهو أنبوب سميك الجدران، يصل إلى 10 أمتار عمقاً، ويُسمى أيضاً قضيب الثقل، ووظيفته زيادة الضغط على الثقاب في أثناء الحفر بوساطة الحركة الدورانية والمحافظة على خط الحفر، وعدم الانحراف عن الطريق الشاقولي، وتتألف تجهيزات الحفر الدوراني من ثلاثة أقسام رئيسية[1]:

أ- أجهزة الحفر مع المحرك.

ب- المضخات التي تعمل على ضخ السائل الذي يحمل فُتات الصخر، ويُسمى سائل الحفر (المُعلق).

ج- برج الحفر المُزود برافعة من أجل رفع قضيب الحفر.

تُنقل الحركة بوساطة عمود يُسمى العمود الآخذ، وهو مضلع، ويثبت في النهاية العلوية بقضيب الحفر ويمر من وسط رحى الدوران، التي تتألف بدورها من صفيحة معدنية مُسندة إلى سطحية الحفر، وتنقل الحركة الدورانية إليها من المحرك، إذ تدور الرحى ويدور معها العمود الآخذ، ومن ثمَّ قضيب الحفر، فتصل الحركة إلى الثقّاب المُثبت في نهاية قضيب الحفر، يمر العمود الآخذ عبر الرحى تدريجياً إلى أن يبلغ عمق الحفر طول القضيب الآخذ، ثم يُفصل العمود الآخذ عن قضيب الحفر ويُوضع بينهما أنبوب آخر وهكذا، ويُخرَج الفُتات الناتج عن الحفر، بعد رفع لزوجته بإضافة الماء الطيني إليه، يُضخ هذا المُعلق باستمرار عبر أنبوب الحفر ويُخرج من فتحة مناسبة في الثقاب تحت ضغط مرتفع ليحمل معه فُتات الحفر وبعد أن يخرج المُعلق حاملاً معه فُتات الحفر إلى الأعلى، يُترك سائل الغسل حتى يُرقد في حفرةٍ مُناسبة ثم يُعاد استعماله مرة ثانية، تقتصر وظيفة المُعلق على إبعاد فُتات الحفر بل يُبرد الثقاب ويُزيت أنبوب الحفر، عند الوصول إلى عمقٍ معينٍ

(1) راجع أيضاً: خليفة درادكة، هيدرولوجية المياه الجوفية (مشروع المساعدات الفنيّة للقطاع الخاص (بترا) ونقابة المهندسين الأردنيين 1996).

5- 30 متراً، يُغلف ثقب الحفر من الداخل بوساطة أنابيب فولاذية، ويُثبت مع جدران ثقب الحفر بالإسمنت (الشكل- 3).

3- طريقة الحفر الدوراني العكسي: تُشبه طريقة الحفر الدوراني العكسي طريقة الحفر الدوراني العادي، غير أن دورة سائل الحفر تكون بالاتجاه المُعاكس، أي إن الضخ يتوجه للأسفل من خلال الفراغ بين أنبوب الحفر وجدار البئر، ويرتفع باتجاه الأعلى من خلال ريشة وأنبوب الحفر، وهذه الطريقة قادرة على حفر آبار ذات أقطار تصل إلى 122 سنتيمتراً في التكوينات غير المتماسكة.

4- طريقة الحفر الدوراني الهوائي: تُشبه طريقة الحفر الدوراني العادي، ولكن يتكون سائل الحفر من هواءٍ جافٍ ورذاذٍ مائي ورغوةٍ وطينٍ هوائي أو سوائل أخرى أخف من الماء، ويجب أن تكون سرعة الدوران في الهواء الجاف عاليةً وكفاية، للحصول على سرعات باتجاه الأعلى10- 30 متراً/بالثانية، في الفراغ الحلقي بين أنبوب الحفر وجدار البئر لرفع الفُتات الصخري، وأهم أسباب استعمال الهواء أو سائل الحفر الخفيف هو زيادة سرعة الحفر، وتُستعمل هذه الطريقة في الصخور المُحطمة، ويُستعمل سائل حفر ذو نوعٍ رغوي مع الهواء عند تدفق المياه الجوفية من البئر، وتُفصل الرغوة الصلبة في أثناء الحفر في الطبقات غير المُتماسكة.

5- طريقة الحفر الدوراني- الدقّاق: وهي طريقة تجمع بين الطريقتين: الحفر بالدق والدوراني، يُعطي المثقب حركةً ترددّية بسعةٍ وذبذبةٍ مُعينتين بوساطة هزازاتٍ أو مطارقٍ هزازةٍ مُركبة على السطح، أو بوساطة مُحركاتٍ قاعيةٍ موضوعة فوق المثقب، وعند حفر الآبار العميقة يعطي المثقب من السطح وعليه، بينما تنتج الحركة الترددية للمثقب بوساطة مُحركات قاع هيدروليكية أو هوائية أو بوساطة توربينات هزازة، ومن أوسع هذه الوسائل

انتشاراً التوربينات الهيدروليكيّة الهزازة ذات الصمام، لما تبديه من كفاءةٍ مميزةٍ في عمل المثقب عند حفر الصخور الصلبة وشديدة الصلابة[1].

إكمال الآبار وتجهيزها:

يتمثل إكمال البئر وتجهيزها، بتهيئتها بعد انتهاء عملية الحفر لاستقبال المياه الجوفية وتأمين دخولها بأقل مقاومة ممكنة داخل التغليف وحوله، وتغليف البئر بمواسير التغليف المصنوعة من الحديد غير المصقول أو من الفولاذ أو من سبائكه أو من النحاس، وذلك للأسباب الآتية:

1- منع انهيار الحفر.

2- تجنب دخول الماء غير المرغوب إلى داخل البئر.

3- منع تسرب الماء النظيف من البئر إلى التربة السطحية.

4- تجنب اختلاط التربة من جوانب البئر مع الماء.

تطوير الآبار:

يهدف تطوير الآبار إلى زيادة سعتها النوعية ورفع كفاءتها وإطالة عمرها، وتتم هذه العملية بعد الانتهاء من حفرها وإكمالها، وتُعد المرحلة النهائية من مراحل تجهيز الآبار للضخ، وتُساعد على إزالة الرمال والمواد الناعمة من المياه المُحيطة بالمصافي ومقاطع التغليف المُثقبة والقضاء على الجراثيم (البكتريا) والكائنات الحية الدقيقة الأخرى في البئر.

صيانة الآبار وترميمها:

إن آبار المياه الجوفية التي تُغلَف وتُطوّر على أسسٍ علميةٍ صحيحةٍ، كاختبار المصافي ومواسير التغليف وغيرها، تُعطي كمياتٍ ضئيلةٍ من المياه مع مرور الزمن وتقل كفاءتها، وتُعزى مشكلة تراجع كميات المياه إلى الأسباب الآتية:

(1) ريتشارد سبلي، أساسيات جيولوجية البترول، ترجمة: فاضل السعدوني (جامعة اليرموك، الأردن 1994).

- انخفاض مستوى المياه الجوفية.
- تآكل المضخة وتلفها وانسداد أجزائها.
- تآكل المصافي ومواسير التغليف المُثقبة وتلفها وانسدادها بمخلفات التآكل والكائنات الدقيقة.
- انسداد المصافي وثقوب مواسير التغليف بالطين والرمال والأتربة والمواد الناعمة.

طرائق إصلاح الآبار ومُعالجتها:

تكون مُعالجة الآبار وإصلاحها بالطريقتين الآتيتين:

- الطريقة الميكانيكية:

تعتمد هذه الطريقة على سحب المصافي ومواسير التغليف من البئر وتنظيفها أو استبدالها، ثم إعادتها إلى البئر.

- الطريقة الكيمياوية:

وهي عملية مُعالجة المصافي ومواسير التغليف وأجزاء المضخة المسدودة باستعمال الحموض والمواد الكيمياوية الأخرى من دون إخراجها من البئر.

تعقيم الآبار:

وهي المرحلة التي تلي تجهيز الآبار للضخ، وتهدف إلى قتل الجراثيم والفيروسات التي ربما دخلت إلى البئر في أثناء الحفر أو التغليف أو في أثناء وضع المصافي، ويمكن دخول الكائنات الحيّة المجهرية من سطح الأرض إلى البئربوساطة اليد البشرية أو بوساطة الحيوانات أو نتيجة تسرب المياه السطحية المُلوثة والمواد الأخرى إلى البئر.

استخدامات حفر الآبار:

يُستخدم حفر الآبار إضافةً لاستخراج المياه والبترول والغاز في عدد من جوانب الحياة:

1- في استخراج الفحم والتعدين: تُحفر الآبار للأغراض الآتية:

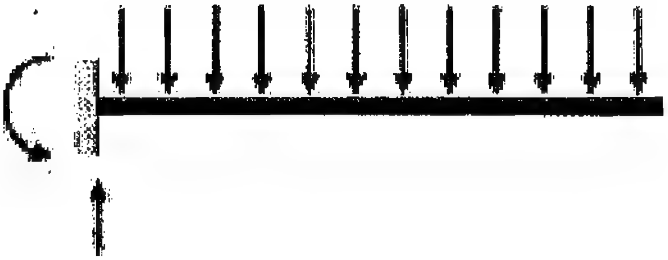
- البحث عن الثروات المعدنية الصلبة واستكشافها.
- تهوية المناجم وتصريف المياه وتدعيم الممرات المنجمية.
- إطفاء الحرائق في باطن الأرض.
- أعمال التفجير لاستخراج الثروات المعدنية على سطح أو باطن الأرض.

2- في الصناعات الكيمياوية: تُحفر الآبار لاستخراج المياه المعدنية الحاوية على نسب عالية من الأملاح المُختلفة كالبروم واليود والمواد الكيمياوية الأخرى.

3- في مجال الإنشاءات الصناعية والمدنية: تُحفر الآبار عند مواقع الطرق الرئيسية والسكك الحديدية، وفي المواقع المُقترحة لإنشاء السدود والجسور والمصانع والمنازل.

4- في مجال الطب والعلاج: تُحفر آبار مياه معدنية علاجية (المياه الكبريتية)[1].

حمل إنشائي : Download the installation



مثال على توزيع الأحمال

الأحمال الإنشائية هي القوى المؤثرة على أي عنصر من عناصر المنشأ، وتؤخذ جميع الأحمال في الاعتبار عند التصميم الإنشائي طبقاً لنوع المنشأ وشكل توزيع الأحمال ومدى استمرارها وطبيعتها إن كانت ساكنة أو متحركة وما إلى ذلك من العوامل التي قد تؤثر على مقدار الأحمال المؤثرة على المنشأ، ويقوم المهندس بتحليل القوى وتقييم الإجهادات التي قد تحدث كي يتم تفاديها أو التحكم فيها،

(1) الموسوعة العربية، عدنان يوسف عبود، المجلد الثامن، ص368، (بتصرف).

عندما يكون الجسم ملامساً لجسم آخر، فإن الحمولات المطبقة على الجسم تكون موزعة على سطح التماس للجسمين، إذا كانت مساحة التماس صغيرة جداً بالمقارنة مع المساحة الكلية للجسم، سيكون من الممكن تمثيل الحمولة على أنها قوة واحدة مركزة تعمل عند نقطة محددة من الجسم، لكن عندما يكون الحمل مطبقاً على مساحة كبيرة من الجسم (مثل الحمولة المطبقة بسبب الرياح أو تدفق السوائل) فيجب عندها أخذ توزيع الحمولة على كامل سطح التماس بعين الاعتبار.

❖ **الأحمال الحية:**

الأحمال الحية Live loads هي أحمال متغيرة المقدار ومؤقتة لفترات قصيرة كقوة الرياح والزلازل أو أحمال متحركة كحركة الناس داخل المنشأ وضغط المياه داخل الخزانات.

❖ **الأحمال الساكنة:**

الأحمال الساكنة Dead loads هي الأحمال المستقرة والثابتة نسبياً مع ثبات المنشأ كأوزان المواد المبني منها المنشأ والمعدات أو الآلات المستقرة فيه.

❖ **الأحمال البيئية:**

الأحمال البيئية تكون نتيجة تغير عوامل بيئية معينة كتغير الحرارة ويسمى حملاً حرارياً قد يسبب التمدد أو الانكماش، وهناك أحمال نتيجة الرطوبة والثلوج والأمواج وغيرها.

❖ **الأحمال المركبة:**

الأحمال المركبة هي الأحمال التي تنشأ نتيجة وجود أكثر من نوع من الأحمال يؤثر على المنشأ وهي السمة العامة(1).

(1) ويكيبيديا، الموسوعة الحرة، (بتصرف).

حرف الخاء

الخرسانة : Concrete

الخرسانة هي بنيان يتركب من عدة مواد والجزء الأكبر في هذا البنيان هو الركام الذي يكون كتلة ذات خواص مع العجينة الإسمنتية التي تتصلد بفعل التفاعل الكيميائي بين الاسمنت والماء.

أو الخرسانة حجر صناعي يتكون من خليط الإسمنت البورتلندي وركام من كسر الحجارة أو الحصى والرمل والماء النظيف بنسب محدودة، ويعد الإسمنت المادة الكيمياوية التي تتفاعل مع الماء لتعطي عجينة رابطة لعناصر الركام.

تتوقف كفاية الخرسانة بعد تصلبها على نوعية المواد الداخلة في تركيبها ونسبها إضافة إلى طريقة المعالجة في المرحلة الأولى من عمر الخرسانة.

الخرسانة كمادة إنشائية:

الخرسانة في حالتها المتصلدة تبدو كمادة صخرية ذات مقاومة عالية للضغط- أما في حالتها الطازجة فتبدو كمادة لدنة يمكن تشكيلها داخل الفرم، وتعتبر الخرسانة مع الأسياخ الصلب أكثر المواد الإنشائية شيوعاً واستخداماً في الحديد لسهولة توافر مكوناتها والرخص النسبي للمواد المكونة لها[1].

مكونات الخرسانة:

مكونات الخرسانة الأساسية هي الركام والماء والإسمنت:

---

(1) نادي الهندسة المدنية. http://www.civilengclub.com/vb/

1- الركام: ويشتمل على الركام الناعم والركام الخشن.

أما الركام الناعم fine aggregate فيحتوي على الرمل وكسر الحجارة أو الحصى أو أي مواد أخرى ذات خواص مماثلة، ويجب أن يكون الركام نظيفاً وقاسياً ولا يحتوي على عوالق من مواد عضوية أو أي شوائب أخرى.

يجب أن تمر مكونات الركام الناعم جميعها من غربال فتحاته 6.35ملم (الغربال رقم 4)، ويمكن التغاضي أحياناً بحيث لا يقل ما يمر من الغربال عن 85٪ من الركام، وينبغي أن تكون مكونات هذا الركام متدرجة الأبعاد إلى حد مقبول، ولا توجد فيه مواد شديدة النعومة بكميات زائدة مما يؤدي إلى زيادة السطح النوعي للركام ومن ثم الحاجة إلى كمية كبيرة من الإسمنت لتغليفها، وعموماً فإن نسبة المواد ذات النعومة الزائدة (المارة على الغربال 100) يجب ألا تتجاوز 6٪.

وأما الركام الخشن coarse aggregate فيحتوي على كسر الحجر والحصى أو أي مواد أخرى ذات خواص مماثلة ويجب أن يكون نظيفاً وقاسياً إضافة إلى كونه خالياً من الشوائب كما هي الحال في الركام الناعم، وشكل حبيباته أقرب ما يكون إلى المنتظم، أو الدائري من دون زوايا حادة أو سطوح مستوية.

تعد الصخور الغرانيتية أو البازلتية من أهم مصادر الركام وكذلك الحجر الكلسي، أما البعد الأعظمي لحبيبات الركام الخشن، فيتوقف على نوع الخرسانة المطلوبة، وكلما زاد حجم الشدف (القطع) انخفض السطح النوعي للركام ومن ثم تقل كمية الإسمنت اللازمة لصنع خرسانة ذات مقاومة محدودة، وبصورة عامة فإن القطر الأكبر لشدف الركام هو 20ملم لأعمال العناصر الصغيرة من الخرسانة المسلحة، ونادراً ما يستخدم في أعمال الخرسانة المسلحة الركام ذو الشدف بقطر 40ملم.

كذلك يمكن استخدام الخبث slag الناتج عن الأفران العالية لأنه يتمتع بمقاومة مرتفعة تحت الضغط ويوفر سطحه الخشن التماسك الجيد مع الإسمنت، وينصح باستعمال هذا الركام في الكتل الخرسانية الكبيرة في حين يتم تجنبه في

العناصر الخرسانية المسلحة ذات السماكة القليلة والمعرّضة لتأثير المياه بسبب تكوينه المسامي.

2- ماء الخلطة: يستخدم في تحضير الخرسانة الماء النظيف الخالي من الزيوت أو الحموض أو القلويات أو المواد العضوية وغيرها من الشوائب الضارة، ويجب تجنب مياه البحر في تحضير الخلطة الخرسانية، كما يجب، الابتعاد عن استخدام المياه النقية ذات المصدر المجاور للصخور الغرانيتية والتي تسبب انحلال الأملاح الموجودة في الخرسانة.

3- الإسمنت: هو المادة الرابطة الأساسية.

إن الخواص الأساسية للخرسانة المتصلبة هي المقاومة تحت الضغط، والتي يجري قياسها مخبرياً باستخدام عينات نظامية تخضع لحمولة محورية ضاغطة، والمقاومة تحت الشد التي يجري قياسها إما بتطبيق حمولة محورية شادة أو باستخدام تجربة الفتل الدائري، وإن المقاومة تحت الشد هي خاصية هامة، ذلك أنها تعبر عن نوعية الخرسانة بطريقة أفضل مما تعبر عنه المقاومة تحت الضغط إذ إن الخرسانة التي تبدي مقاومة جيدة تحت الشد تتصف دائماً بمقاومة مرتفعة تحت الضغط إلا أن العكس غير صحيح دائماً وخصوصاً في حالة الركام غير النظيف، وأخيراً الهشاشة fragility وهي النسبة بين المقاومة تحت الضغط إلى المقاومة تحت الشد وتبدي الخرسانة ذات عامل الهشاشة المرتفع تشققات في عمر مبكر.

يمكن تعديل وتحسين خواص الخرسانة الطرية في طور تصنيعها أو المتصلبة عن طريق المُضافات additives التي تخلط بنسب محددة مع الماء اللازم لتكوين الخلطة- وقد درج في العقدين الأخيرين من القرن العشرين استخدام المُضافات الصناعية ذات الأساس الراتنجي resine التي يمكن أن ترفع المقاومة تحت الضغط أو الشد أو الاهتراء أو غيرها.

تبدي الخرسانة من حيث المبدأ مقاومة تحت الضغط تزيد بمرات عدة على مقاومتها تحت الشد، وقد أدى استخدام القضبان الفولاذية في الخرسانة إلى امتصاص قوى الشد فصارت تعرف باسم الخرسانة المسلحة.

ومع أن فكرة الخرسانة المسلحة قديمة إلا أنها لم تستخدم على نطاق واسع قبل النصف الثاني من القرن التاسع عشر، وبدءاً من عام 1894 جرى في فرنسا مثلاً استخدام الحسابات النظرية في الخرسانة المسلحة بدلاً من التقديرات التجريبية empirique المستخدمة سابقاً.

أنواع الخرسانة:

◆ **الخرسانة العادية: Plain Concrete**

الخرسانة بدون أي حديد تسليح وتستخدم في أعمال الفرشات الخرسانية أسفل الأساسات وكذلك في إنتاج الكتل غير المعرضة لاجهادات الشد وكذلك أعمال الأرضيات والسدود وتتراوح مقاومتها بين 150 كغم/سم^2 إلى 200 كغم/سم^2.

◆ **الخرسانة المسلحة: Reinforced Concrete**

هي خرسانة عادية مشترك معها حديد التسليح لمقاومة اجهادات الشد والتي يجب فيها مراعاة التوافق Compatibility وكذلك الاتزان Equilibrium بين الاجهادات والانفعالات في كلاً من الحديد والخرسانة وتتراوح مقاومتها من 250-400 كغم/سم^2.

◆ **الخرسانة سابقة الإجهاد: Prestressed Concrete**

هي نوع من أنواع الخرسانة العادية يتم إكسابها اجهادات ضغط قبل تحميلها وهذه الأحمال كفيلة بملاشاة إجهادات الشد الناتجة من تأثير الأحمال وبالتالي لا تحتاج إلى حديد تسليح حيث تكون المحصلة النهائية للاجهادات على طول القطاع بعد التحميل (التشغيل) غالباً إجهادات ضغط.

◆ **الخرسانة الجاهزة: Precast Concrete**

هي خرسانة تصب وتعالج حتى تمام تصلدها في المصنع ثم بعد ذلك تنقل إلى المنشأ وهذه الخرسانة يمكن أن تكون عادية- مسلحة- سابقة الإجهاد.

◆ الخرسانة عالية المقاومة: **High Strengthy Concrete**

هي خرسانة ذات مقاومة تزيد عن 600 كغم/سم^2 وقد تصل في بعض الأحيان إلى 1400 كغم/سم^2 ويمكن الحصول عليها باستخدام مادة إضافية مثل الملدنات Super- Plasticigers وذلك حتى يتم تقليل ماء الخلط إلى أقصى درجة مع الحصول على نفس القابلية للتشغيل وبالتالي الحصول على مقاومة عالية.

◆ الخرسانة عالية الأداء: **High Performance Concrete**

هي الخرسانة لها صفات وخصائص معينة تسمح لها بالعمل في وسط وظروف معينة وهذه الخصائص قد تتضمن خصائص الخرسانة الطازجة (القابلية للتشغيل- القوم...) أو تتضمن خصائص الخرسانة المتصلدة (مقاومة البري- الخدش- الصقيع- الانكماش) وهذه الخصائص قد تكون مجتمعة أو منفصلة بحيث تعطي أداءً مختلفاً عن أداء الخرسانة التقليدية المعتادة، والخرسانة العالية الأداء لا يشترط فيها أن تكون عالية المقاومة.

◆ الخرسانة المقواة بالألياف: **Fiber Concrete**

هي الخرسانة المحتوية على الألياف وهذه الألياف موزعة توزيع منتظم وفي جميع الاتجاهات خلال الكتلة الخرسانية.

كما أن الألياف لها القدرة على تحسين مقاومة الخرسانة في الشد والانحناء والقص والصدم والانكماش وتقليل اتساع الشروخ.

وأهم خصائص الألياف أنها تزيد من قيمة معاير المتانة بصورة كبيرة وبالتالي تتحول ميكانيكية الكسر في الخرسانة من كسر غير قصفي وتدريجي Ductile Failure إلى كسر مفاجئ وقصفي لـ (Brittle)Sudden Failure.

◆ الخرسانة الرش: **(Shotcrete(Gruite**

خلطة مكونة من اسمنت ورمل بنسبة 4:1 تقريباً ومضافاً إليها الماء للحصول على درجة التشغيلية المناسبة وتضخ هذه الخرسانة بالهواء المضغوط إلى السطح المراد تبطينه وتستخدم في أعمال الترميم وتبطين الأنفاق والترع.

ويعيب هذه الأنواع من الخرسانة التعرض للانكماش بدرجة كبيرة نتيجة كثرة الماء بها أو احتمال عدم التصاق وتماسك المكونات بالأسطح التي ترش فوقها.

◆ الخرسانة البوليمرية: **Polymer-concrete**

هي خرسانة خاصة يمكن الحصول عليها بمعاملة الخرسانة العادية بمواد البوليمر التي تعمل كمادة لاحمة أو مالئة للفراغات بين حبيبات الركام والتي تمثل (6- 8)٪ من وزن الخرسانة.

(البوليمر- مادة عضوية تتكون من العديد من الجزئيات المتشابهة ذات الوزن الجزئي المرتفع مثل بولي استر Polyster- إيبوكسي Epoxy ومن عيوبها ارتفاع التكلفة حيث أنها تمثل (2- 3) أمثال الخرسانة التقليدية ومن مميزاتها مقاومة ضغط عالية 1000 كغم/سم^2- مقاومة شد 100 كغم/سم^2 مقاومة عالية للانكماش والعوامل الخارجية.

◆ الخرسانة الخفيفة: **Light weight concrete**

هي الخرسانة التي يقل وزنها عن 2000 كغم/م^3 والغرض من استخدامها هو تقليل وزن المنشأ وبالتالي تقليل تكاليف الأساسات وهناك ثلاث أنواع من الخرسانة الخفيفة:

- خرسانة خالية من المواد الرقيقة Fine less Concrete
- خرسانة الركام الخفيف Light weight Aggregate
- خرسانة مهواة (ذات خلايا) Cellular Concrete

◆ الخرسانة الثقيلة: **heavy Weight Concrete**

هي الخرسانة التي يتراوح وزنها الحجمي 2400 كغم/سم^2- 6000 كغم/سم^2 والغرض من استخدامها الوقاية من الإشعاع النووي والذري حيث أن قدرة الخرسانة على امتصاص هذه الأشعة تتناسب عكسياً مع وزنها.

◆ الخرسانة الكتلية: **Mass Concrete**

هي خرسانة ذات كتل كبيرة ويستخدم فيها ركام مقاس 15سم وهي تستخدم في خرسانة السدود والخزانات الأرضية.

◆ الخرسانة ذات الهواء المحبوس: **Air Eatrained Concrete**

هي خرسانة بها نسبة من الهواء المحبوس لا تزيد عن 6٪ من حجم الخرسانة (نتيجة استعمال بعض الإضافات- رغويات أو مواد تنتج الهيدروجين عن تفاعله مع الاسمنت بودرة الأمونيوم أو الزنك).

وهي خرسانة تمتاز بأنها أكثر سهولة في التشغيل ولها مقاومة عالية للعوامل الجوية وخاصة الصقيع.

◆ الخرسانة الطازجة: **Fresh Concrete**

هي الخرسانة التي تبدأ من لحظة إضافة الماء إلى مكونات الخلطة وحتى لحظة حدوث الشك الابتدائي.

(تمتاز هذه المرحلة بالقدرة على الخلط والنقل والصب وهي تمثل 1- 2 ساعة).

◆ الخرسانة الخضراء: **Green Concrete**

هي الخرسانة المتكونة في الفترة من بداية شك العجينة الإسمنتية وحتى بداية التصلد (الفترة من الشك الابتدائي- الشك النهائي).

وفي هذه المرحلة لا يسمح بالخلط أو النقل أو الصب وهي تمثل 24 ساعة من بداية الصب (وهي خرسانة لا تقوى على تحمل أي اجهادات).

◆ الخرسانة المتصلدة: **Hardened Concrete**

هي الخرسانة في المرحلة بعد الشك النهائي تمتاز هذه المرحلة بزيادة مقاومة الضغط والقدرة على تحمل الحمال مع مرور الزمن وهي تمثل الفترة من نهاية 24 ساعة وحتى نهاية العمر الافتراضي.

ميزات الخرسانة والخرسانة المسلحة:

يمكن حصر هذه الميزات فيما يأتي:

1- مرونة الاستخدام: تُصب الخرسانة الطرية في قوالب للحصول على أشكال مختلفة للخرسانة تبعاً لشكل القالب المستخدم.

2- اقتصادية أعمال الصيانة: تحتاج المنشآت المعدنية إلى أعمال الطلاء الدوري، وتتأثر وصلات المنشآت الحجرية بالصقيع عادة، في حين لا تحتاج منشآت الخرسانة المسلحة الأساسية إلى أعمال الصيانة.

3- مقاومة الحريق: الخرسانة مادة ضعيفة الناقلية الحرارية، إضافة إلى أنها ذات تمدد حراري أقل من مواد البناء الأخرى كالغضار وحجر البناء، إن انخفاض عامل التمدد الحراري يقلل من ظهور التشققات عند ارتفاع درجة حرارة الخرسانة، كما إن ضعف الناقلية الحرارية يحول دون وصول حرارة الحريق إلى باطن كتلة الخرسانة ليبلغ حديد التسليح.

وقد بينت التجارب أن تعرض السطح الخارجي في كتلة من الخرسانة لدرجة حرارة مرتفعة في مدة ساعة واحدة، لا يؤدي إلى ارتفاع ملحوظ في درجة حرارة الطبقة السطحية على عمق نحو 2.5سم في السطح المذكور، في حين يكاد يكون ارتفاع الحرارة مهملاً في الطبقات على عمق 7.5سم.

وأخيراً، فإن تقارب عاملي التمدد الحراري للخرسانة ولحديد التسليح يسمح بإعادة استثمار المنشأة من الخرسانة المسلحة بعد إصلاحات سطحية في حالات الحريق الخفيف أو غير الطويل الأمد في حين أن المنشأة المعدنية مثلاً وفي الشروط نفسها يمكن أن تصبح غير قابلة للاستثمار.

4- مقاومة الحمولات الطارئة: الخرسانة المسلحة أقل تأثراً بتغير تطبيق الحمولات الحية عليها من بقية مواد الإنشاء، وذلك بسبب وزنها الذاتي المرتفع، بمعنى أن الأجزاء الأقل مقاومة تخضع لتشوهات كافية لنقل القوى إلى الأجزاء الأكثر مقاومة.

5- إمكانية الحصول على قطع مسبقة الصنع: يمكن تنفيذ القطع الخرسانية مسبقة الصنع في المعمل، ثم يجري تجميعها في موقع العمل.

عيوب الخرسانة:

كما هو الحال في جميع مواد البناء، فإن الخرسانة المسلحة تبدي عدداً من العيوب أهمها:

1- الوزن الذاتي المرتفع: يتغير وزن الخرسانة بشكل أو بآخر تبعاً لنسب الخلطة وقوام الركام consistency ونوعيته، وبصورة عامة فإن المتر المكعب من الخرسانة ذات الركام العادي من الحصى والرمل يزن عادة بين 2240- 2400 كيلو غرام، ويؤدي إضافة حديد التسليح إلى زيادة الوزن تبعاً لنسب الحديد المستخدم، ويتجاوز الوزن حدود 2400 كيلو غرام للمتر المكعب. ومن ثم فإن للخرسانة وزناً ذاتياً أكبر من بديله المنفذ كمنشأة معدنية، مما يتطلب أساسات ذات حجم أكبر ويؤدي إلى ارتفاع الكلفة.

2- الحاجة إلى الدقة في كمية حديد التسليح وطريقة ربطه.

3- غالباً ما يتطلب تصنيع القالب اللازم للصب وقتاً طويلاً إضافة إلى أعمال التدعيم والتربيط، وضرورة بقاء القالب حتى تحصل الخرسانة على المقاومة الكافية.

4- ضرورة أخذ الاحتياطات الكافية في أثناء صب الخرسانة وحمايتها بعد ذلك من الصقيع أو من الجفاف السريع[1].

أساليب حماية الخرسانة:

يجب العمل على حماية الخرسانة لضمان زيادة مدة صلاحية منشآتها والعمل على زيادة عمرها فهناك العديد من الأسباب التي تؤدي إلى هلاكها أو ضعفها بدءاً من الظروف الجوية إلى طرق استخدامها مروراً بالظروف التي قد تتعرض لها من ارتفاع في الحرارة سواء بحريق أو نحوه أو رطوبة أو تحميل إنشائي غير مناسب وهذا كله قد يؤدي إلى عدد من الأضرار قد يكون من الممكن اكتشافها ومن ثم العمل على معالجتها كما يلي:

(1) الموسوعة العربية، محمد لطوف، المجلد الثامن، ص781، (بتصرف).

الخرسانة والظروف الجوية:

عوامل التعرية weathering المحيطة بالكتل الخرسانية تسبب الإسراع في عمليات التآكل و النحر، كذلك اختلاف كمية الأوكسجين المحيطة بالحديد تساعد على زيادة سرعة التفاعلات ونلاحظ أنه كلما قلت كمية الأوكسجين حول الحديد زادت قابليته للصدأ بمعنى أن الأسياخ الموجودة في قلب الخرسانة تتآكل بسرعة أكبر من الأسياخ القريبة من سطح المنشأ وتحيط به كمية كبيرة من الأوكسجين وهذا يدعونا إلى الاهتمام بتغطية كل الأسياخ الحديدية المعرضة للهواء ولا يجب تركها على حالها.

الخرسانة وماء البحر:

تساعد الأملاح الذائبة في الماء على الإسراع بصدأ حديد التسليح، والملح قد لا يكون سببه قرب الخرسانة من مياه البحر فقط بل هناك عدة أسباب تساعد على وجود الملح في الخرسانة مثل:

- استخدام ماء البحر في تكوين الخلطة.
- وجود المنشأ الخرساني داخل الأمواج أو رذاذها أو حتى بخار ماء يكون مشبعاً بالأملاح.
- نتيجة التفاعلات الحرارية أثناء صناعة الأسمنت.
- طبيعة ملحية الأرض مثل شواطئ البرك والبحيرات.
- احتواء الرمل أو الزلط على نسبة من الأملاح.

حماية حديد التسليح:

يكون حديد التسليح على شكل أسياخ أو شبك أو أي شكل آخر من الصلب، ولحماية حديد التسليح يجب مراعاة الآتي:

- إحكام إحاطة حديد التسليح بطبقة عازلة كثيفة من الخرسانة.
- يزداد عزل الخرسانة طردياً مع زيادة كمية الأسمنت ونقاوة وجودة الصلب وجودة دلك الخرسانة.

- باستخدام حديد تسليح مقاوم للصدأ أو مطلي بطلاء مانع لتسرب الرطوبة إلى الحديد.

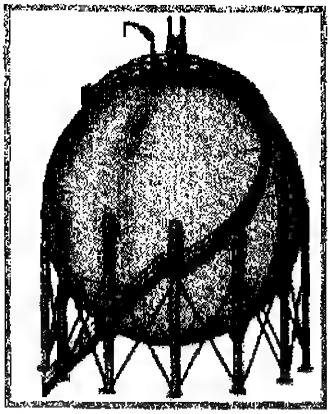
الخزّان : Reservoir

الخزان reservoir حاوية هندسيّة تُستخدم لحفظ المواد الصلبة أو السائلة أو الغازيّة وتخزينها، تختلف الخزانات باختلاف أحجامها وأشكالها والمواد المصنوعة منها والمواد التي تحفظ فيها، وقد تكون مكشوفة أو مغطاة، ومن الخزانات ما يكون تحت الأرض أو فوقها أو مرفوعاً على منصات عالية.

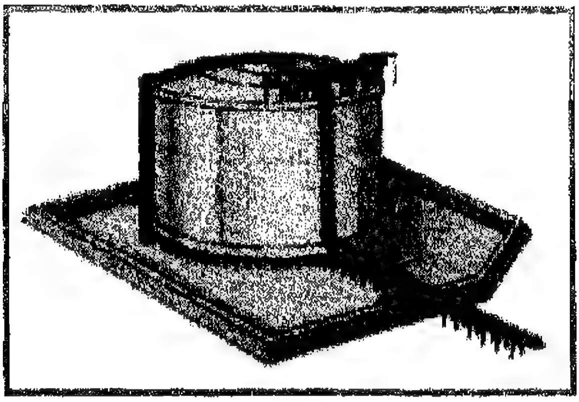
لمحة تاريخية:

حاول الإنسان منذ القديم إيجاد وسائل لتخزين المواد بمختلف أنواعها وأشكالها، فاستخدم قدماء المصريين أسلوباً بدائيّاً وكِسَر الحجارة (الحصى) بعد ربطها بمادةٍ رابطةٍ كالطين، وحفر اليمنيون خزانات المياه في الصخور، وفي بلاد الشام والرافدين استُعمل الطين والحصى والصلصال والخشب والمعادن، لبناء خزانات القمح والشعير وغيرها، وسُميت "بيوت المؤونة" وكانت جدرانها من طوب الطين المعجون بالتبن، أما السقف فمن قطع خشبيّة أو معدنيّة أو من الاثنين معاً، وبقيت هذه الخزانات محدودة الاستعمال حتى القرن الثامن عشر حين استعمل الإسمنت والخرسانة، واقترح العالم النمساوي كونين Koenen تسليح الخرسانة بالقضبان الحديديّة، وتبع ذلك نظريّات من علماء روس وفرنسيين اقتصرت على تسليح الخرسانة أو تصفيحها، فتنوعت الخزانات واختلفت أشكالها كما في الوقت الحاضر.

تصنيف الخزانات:



خزان لحفظ الغاز السائل



خزان لحفظ الغاز الطبيعي ذو سقف ثابت

تُصنف الخزانات إلى الأنماط الرئيسة الآتية:

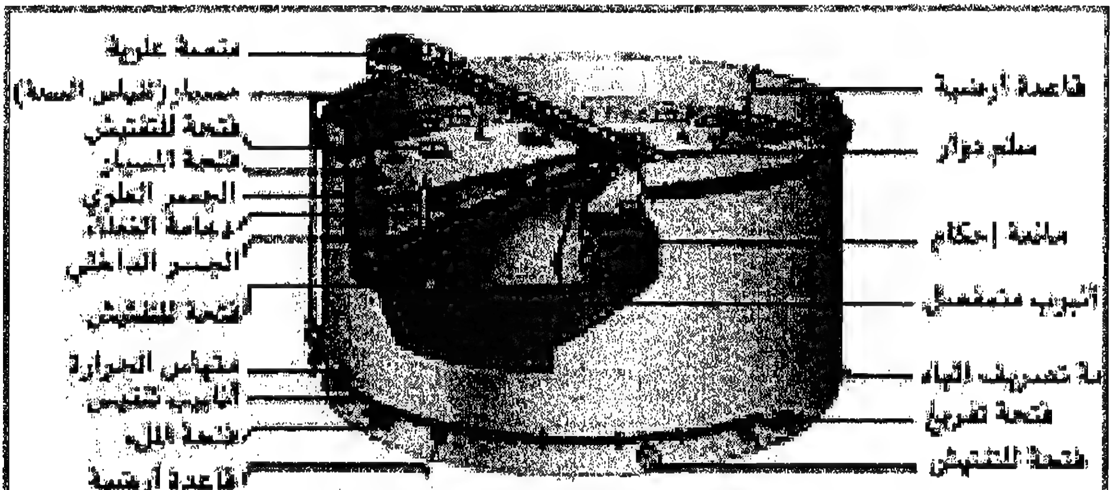
1- بحسب الاستخدام: فمنها خزانات مرتفعة محمولة على عمود واحد كبير أو على عدة أعمدة أو على جدران، ومنها خزانات أرضيّة سطحيّة أو نصف مطمورة أو مطمورة كلياً، ومنها خزانات تحت الأرض وفي الأنفاق.

2- بحسب أشكال الخزانات: ومنها خزانات قشريّة أسطوانيّة أو كرويّة، أو نصف كروية أو بيضوية أو مضلّعة (مقطعها الأفقي مربع أو مستطيل أو مخمس أو مسدس).

3- بحسب نوع المواد المُخزنة: ومنها خزانات الحبوب، أو خزانات المياه، أو خزانات الغاز أو غيرها من المواد الصلبة أو السائلة أو الغازيّة.

4- بحسب عدد أحواض التغذية: يمكن أن يكون الخزان من حجرة واحدة أو حجرتين أو عدة حجرات وذلك بحسب حجم الخزان وشكله المعماري والمتطلبات الاقتصاديّة، وقد تقع هذه الحجرات في مستوى واحد أو في عدة مستويات أو مرصوفة قرب بعضها بعضاً، كما هو الحال في صوامع الحبوب.

5- بحسب طريقة التغطية وربط الجدران: تختلف طريقة تغطية سطح الخزان طبقاً لحجمه وشكله ونوعه والمادة المُخزنة فيه وأسلوب ربط الجدران مع السطح (السقف)، وعادةً تكون الخزانات مكشوفة كالأحواض أو مغطاة ذات أغطية ثابتة وخزانات ذات أغطية عائمة.



خزان ذو غطاء عائم مزدوج لمنطقة الزلازل الطبيعية

أنواع الخزانات وأشكالها:

للخزانات أنواع كثيرة أهمها:

1- الخزانات المعدنيّة المصنوعة من صفائح الحديد أو الألمنيوم أو التوتياء.

2- الخزانات الخرسانية: وتشيد من الخرسانة المسلحة أو الصفائح الملحومة على شكل قميص داخلي محصور ضمن إطار خرساني من الخارج.

3- الخزانات البلاستيكية: وتُصنع من اللدائن والمواد البلاستيكية المقاومة ذات المواصفات الفنية العالية وتتكون عادة من طبقتين داخلية عازلة وخارجية مقاومة لعوامل الطبيعة.

4- الخزانات المطاطيّة: المصنوعة من المطاط المُقاوم والمُعالج ضد الحموض والأسس والعوامل الجويّة والمحمية عادة بغلاف مُغلق.

المُواصفات الفنيّة للخزانات:

تخضع الخزانات لشروط وضوابط صارمة وفق معايير عالمية من حيث القياسات والأطوال ونوع الخرسانة أو المعدن والسماكات والحمولات ونوع الصفيح والتسليح وتركيبه وأسلوب الإنشاء، ويحدد شكل الخزانات وحجمها ونوعها استناداً إلى كمية المواد المُخزنة وحجمها ونوعها وأهميتها وطريقة استجرارها والمكان المُخصص لها، وتجهز الخزانات بجميع أنواعها بالتوصيلات والفتحات والأنابيب والصمامات والمضخات الضرورية لسير العمل، وبما يتناسب مع نوع المواد المخزنة فيها ونظام ملئها وتفريغها واستجرار المواد فيها وتهويتها وقياس المخزون منها[1].

الخزانات وبناؤها واختبارها:

يُراعى في تصميم الخزانات الموقع، وسعة الخزان، والمواد التي بنيت منها، والعزل، والمُلحقات والتوابع، وطرائق التنفيذ والاختبار، والردميات، ونوع المواد المُخزنة ومتطلبات الأمن فيها.

وتراعى جميع المواصفات الفنيّة الإنشائية عند تصميم أرضية الخزان وجدرانه وسقفه وأسلوب التسليح والدعامات ودراسة ميكانيك التربة ومواد العزل المستخدمة والتوصيلات والمُلحقات من السلالم والفتحات والأنابيب والمضخات.

تُبنى الخزانات بعدة طرائق ومنها الخزانات المُسبقة الصنع أو المنشأة في مكان الاستثمار بحسب المُخططات والدراسة الإنشائية عامة، وتثبت القطع المعدنيّة التي يُصنّع منها الخزان المعدني على القاعدة الخرسانية مع الدعامات وتطلى بمادة عازلة، وتختبر بالماء والضغط لبيان سلامة العمل

(1) أنظر أيضاً: محمد سليمان تادفي، خزانات المياه العالية والأرضية (دار الغدير، حماة 1992).

وعدم وجود ثقوب أو تشققات بالصفيح أو في نقاط اللحام، ويُغلف الخزان المعدني غالباً بجدار إسمنتي وطبقة ردم خلف ذلك الجدار، كما يُجهز الخزان بفتحات التفريغ والتهوية والتعبئة والقياس وصمامات الضغط والتوصيلات والأنابيب اللازمة لسهولة الاستثمار والاستخدام فيما بعد.

مُعايرة الخزانات:

تُعاير الخزانات عادةً بعدة طرائق أهمها:

1- الطريقة المساحية (الجافة): وتشمل مسح جدران الخزان الداخلية (إذا كان فارغاً) أو جدرانه الخارجية (إذا كان مملوءاً) وتعليمها بمقاطع شاقولية من أسفل الخزان حتى أعلاه مع مراعاة التشوهات الحاصلة في أثناء الإنشاء، وتُعالج البيانات الحسابية المأخوذة باستخدام الحاسوب، ويتم إعداد جداول قياس ومعايرة لكل خزان تتدرج مقابل رقم القياس الموافق.

2- الطريقة الحجمية (السائلة): وتتميز باستخدام دفقات متتالية من سائل ما (الماء أو الوقود) وقياس كمية السائل الموجود ضمن الخزان بوساطة شريط قياس معدني متري مدرج بالمليمترات، ويُسجل القياس، تُكرر هذه العملية عدة مرات حتى امتلاء الخزان، ثم تُعطى القياسات الناتجة إلى الحاسوب وفق برنامج مُعد، لتحويلها إلى جداول معايرة، ويجب مراعاة ارتيابات القياس، وشروط القياس، وحرارة السائل داخل الخزان وجهاز المعايرة.

صيانة الخزانات وتنظيفها:

تُخزن المواد بأنواعها (الصلبة والسائلة والغازية) في خزانات متنوعة الحجوم، إن بقاء هذه المواد مدة زمنية طويلة يؤدي إلى تشكل بعض الشوائب

والرواسب وتسرب الرطوبة إليها، مما يُؤثر سلباً في نوعية المواد المُخزنة، لذلك يجب تنظيف الخزانات في مدد محددة من الزمن[1].

إصلاح أعطاب الخزانات وترميمها:

تتعرض الخزانات في أثناء الاستثمار إلى أعطاب واهتراءات وتشققات بحسب نوع الخزان وشكله، ناتجة من الترسبات الناجمة عن المواد المُخزنة وتفاعلات الصفيح مع المياه والتفاعلات الناجمة عن تقلبات الطقس والأحوال الجوية، مما يؤدي إلى هدر في المواد المُخزنة في بعض الأحيان، ويعود ذلك إلى عدة أسباب كسوء التنفيذ الناتج من عدم مطابقة المواد الأولية المُستخدمة للمواصفات الفنيّة، أو من سوء التنفيذ الناجم عن قلة الخبرة، أو الإهمال، أو سوء دراسة ميكانيك التربة وغير ذلك، وهذا يتطلب تحديد نوع العطب وشكله ومكانه ومساحته، وإصلاحه بالسرعة المطلوبة بإزالة الطبقة التالفة أو القسم المعطوب واستبداله، وبأقل كلفة ممكنة[2].

(1) أمجد خباز، دراسات خزانات المياه الأسطوانية العالية تحت تأثير الأحمال الزلزالية (دمشق 2002).

(2) الموسوعة العربية، عدنان يوسف عبود، المجلد الثامن، ص795، (بتصرف).

حرف الراء

الرسم الهندسي: Engineering Drawing

الرسم الهندسي، وسيلة للتعبير عن أفكار تصميمية بالرسم والخط والتخطيط الهندسي، وهو اللغة والوسيلة التي تبناها المصمم والمهندس قديماً وحديثاً للتعبير عن الأفكار والتصاميم المقترحة لعمارة الأبنية أو لصنع قطع هندسية وميكانيكية وكهربائية يراد إنتاجها.

يُعد الرسم الهندسي أساسياً في تطوير الصناعات، لدوره الفعّال في ظهور تصاميم الأبنية وأدوات القياس الدقيقة واستخدام الآلات ذات الدقة العالية في الإنتاج.

لمحة تاريخية:

كان الرسم مع بداية الحياة أداة التفاهم بين الناس، وأداة تعبير عما يجول في الخاطر قبل الكتابة، وتعد سفينة نوح عليه السلام من أشهر التصاميم في الأزمان الغابرة.

وقد عُثر على بعض الرسوم والمخططات لبعض الأدوات التي كان يستخدمها الإنسان، ووجدت رسوم خاصة بالقلاع والأبراج والمعابد التي بُنيت ومازالت آثارها قائمة، ومن أهم هذه الآثار ما اتفق على تسميته عجائب الدنيا السبع، ومنها أهرام مصر، وبرج بابل في العراق وغيرها.

ولا يمكن إشادة كل هذه الأبنية بتفاصيلها الدقيقة قبل أن يفكر مهندسوها بتصميمها وتحضير رسومها، الأمر الذي يؤكد أهمية الرسم في حياة الشعوب والإفادة منه في التصميم.

ومع تطور الشعوب والحضارات، أخذت الأدوات والعدد تدخل حياة الأمم، وقد لجأ أرخميدس عام 212ق.م إلى الرسم لإعداد الآلات والمعدات الحديثة وإنتاجها، لتنظيم الدفاع عن مدينة سرقسطة أمام جيوش الرومان، وكانت رسومه على شكل منظور تقريبي لآلاته ومعداته التي فكر فيها، (وكانت آخر كلماته للجندي الروماني الذي قتله: "لا تمس رسومي")، وممن استخدم فكرة الرسم الهندسي، لتصميم آلة، رجل روماني في عام 30ق.م واسمه فتروفيوس كان يعمل في مجال الميكانيك، فصمم مضخة من البرونز لعمال المناجم.

وقد كان للحضارة العربية والإسلامية الأثر الكبير في تطور تقانات التصنيع، وتذخر كتب التراث برسوم الآلات الميكانيكية والهيدروليكية المعقدة التي تركها المهندسون العرب، وأنجبت الحضارة العربية والإسلامية عدداً من المخترعين والمهندسين الذين وضعوا أسس التطور الصناعي الذي شهدته أوروبا في عصر النهضة، وتركوا تراثاً لا يحصى من المراجع العلمية والمخطوطات.

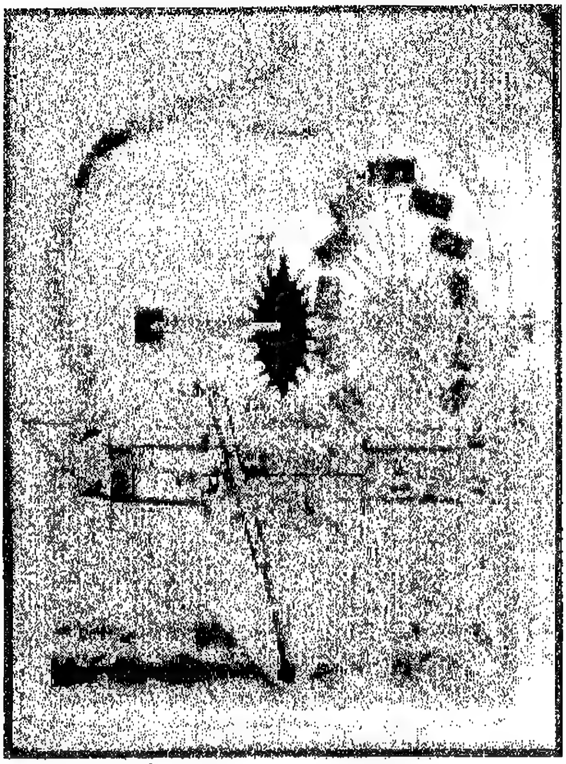
ومن أشهر الكتب العربية العلمية التطبيقية التي عُنيت بالتصميم والهندسة الميكانيكية والهيدروليكية، ومازالت أفكارها ورسوماتها تستوحى في تصاميم الآلات الحديثة ثلاثة كتب هي:

- كتاب "الحيل"، من وضع أبناء موسى بن شاكر (في القرن 3هـ/9م).
- "الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل"، لبديع الزمان أبو العز بن إسماعيل الجزري (ق 6هـ/ 12م).
- كتاب "الطرق السنية في الآلات الروحانية"، لتقي الدين بن معروف بن راصد الدمشقي (ق 10هـ/16م).

وهذه الكتب الثلاثة لا تعدو كونها حلقات في سلسلة التقاليد والمراجع العربية الإسلامية الهندسية الميكانيكية التي أسهمت في الثورة الصناعية في الغرب في القرن السادس عشر الميلادي.

وحسبنا على سبيل المثال وليس الحصر الإشارة إلى شهادة دونالد هيل أحد الباحثين الأوروبيين، حول أعمال وإنجازات العرب التكنولوجية في تعليقه على

كتاب الجزري قائلاً: "لم تصل بين أيدينا حتى العصور الحديثة أي وثيقة، من حضارة أخرى في العالم تضاهي ما في كتاب الجزري من غنى التصاميم والشروحات الهندسية المتعلقة بطرائق الصنع والتجميع للآلات"، وقد انفرد العلماء العرب في الرسم والتصميم عمن سبقوهم برسوم متعلقة بالتحكم الآلي واستخدام الصمامات التي تعمل تلقائياً، كأمثال بني موسى في كتابهم "الحيل" (الشكل- 1).



الشكل (1) آلة لرفع الماء نحو عشرين ذراعاً بدولاب من ماء جار

وفي عصر النهضة يأتي اسم ليوناردو دافنشي في مقدمة من أسهم في تطوير الرسم الصناعي والهندسي برسومه وتصميماته التي تركها، ويعزى فضل تطوير الرسم الهندسي واستخدام الخطوط الهندسية في ترتيب المناظر (المساقط) للمهندسين الإيطاليين عامة، ومن أشهرهم ليون باتيستا ألبرتي L.B.Alberti ت(1404- 1472).

أما البداية الحقيقية للرسم الهندسي الحديث فتأتي في القرن الثامن عشر، وتحديداً في عام 1727، حين اتُفِق على قواعد ومصطلحات وشروط دولية عامة لتوحيد أعمال الرسم الهندسي وممارسته في إخراج التصاميم الفنية، واعتمد وضع

الأطوال على المناظر (الأبعاد على المساقط) بعد أن كانت تُترك للرسام يتصرف بها بحسب خبرته ومرانه لإخراج التصاميم والرسوم وتنفيذها.

منذ ذلك الحين أخذت الدقة في الإنتاج طريقها، وبدأ الإنتاج الكمي واستخدام الآلات الدقيقة، وظهرت فكرة إنتاج قطع التبديل، وبدأت الأبنية الشاهقة وتصاميمها تأخذ طريقها إلى التنفيذ.

غير أن فكرة رسم المساقط وترتيبها بقيت من دون تطور إلى القرن العشرين، إلى أن أوضح العالم الفرنسي الرياضي "كاسبار مونج" طريقة تمثيل الأجسام في مستويين متعامدين، أعطت للرسم تكامله وفتحت له آفاقاً واسعة، ومازالت تُستَخدم وتُدرس إلى اليوم، وصار بالإمكان استنتاج المسقط الغائب (المسقط الثالث) بهذه الطريقة، كما أمكن إظهار الأجسام وتمثيلها بالتفاصيل الجزئية الكاملة، ومنذ ذلك الحين، دخل التخصص مجال الرسم الهندسي والصناعي، وصار وجود مكتب الرسم الهندسي ضرورة ملحة في جميع المنشآت الصناعية، ويتبع له حُكماً أقسام أخرى مثل قسم الطباعة وقسم التخطيط وقسم الرسامين.

أسس الرسم الهندسي:

يعتمد الرسم الهندسي على الإلمام التام بالطرق الصحيحة والمعرفة الجيدة في إنشاء الأشكال الهندسية المستوية والفراغية، أما الأشكال الهندسية نفسها فهي مجموعة من النقاط والخطوط والسطوح تعتمد في بنائها على عناصر هندسية أساسية هي:

- النقطة: كل أثر مجرد ليس له أبعاد ويحدد بتقاطع خطين مستقيمين.
- المستقيم: الأثر الناتج عن تحرك النقطة، وله بعد واحد هو الطول.
- السطح: الأثر الناتج عن حركة خط محدد، ويكون مستوياً أو منحنياً، وله طول وعرض، وهو الحد الفاصل للجسم عما يحيط به من الفراغ.

أما المنهاج الأساسي لتعلم وتعليم الرسم فيبدأ من الأسس والمواضيع الرئيسية الآتية:

خطوط الرسم، طرائق الرسم، الإسقاط بنوعيه المركزي والمتوازي، استنتاج المسقط الغائب (الثالث)، رسم المنظور وطرائقه، مفهوم القطاعات وأنواعها للأجسام

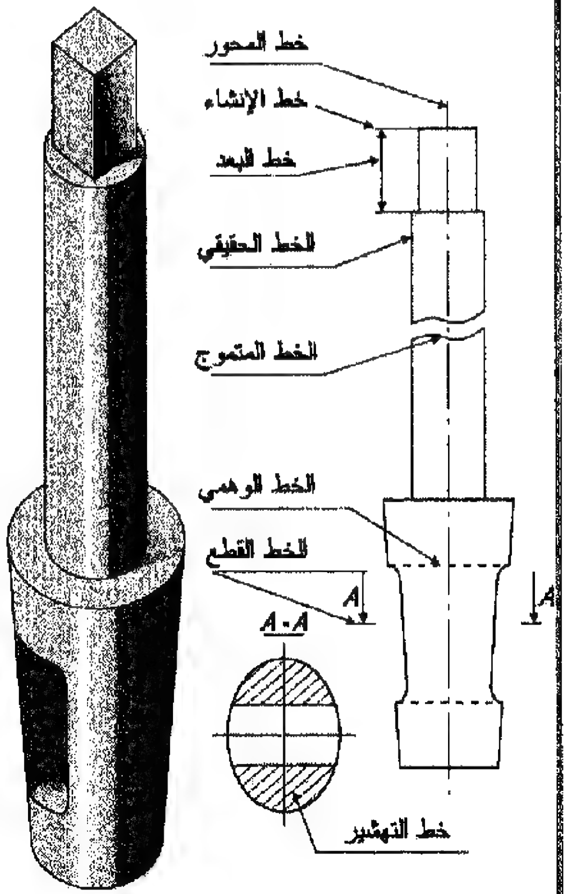
الهندسية والقطع الميكانيكية، درجات الدقة والتفاوتات للأسطح المشغولة، الرسم التجميعي.

خطوط الرسم وكتاباته:

إذا كان الرسم الهندسي لغة، فخطوط الرسم هي حروفه الناطقة الصامتة وهي العنصر الأساسي للتفاهم والقراءة ونقل المعلومات إضافة إلى الكتابات.

تقسم خطوط الرسم إلى مجموعات تختلف بنوعها وسماكتها، ولكل خط دلالته واستعماله، ويوضح الشكل (2) هذه الأنواع.

نوع الخط	شكل الخط	سماكة الخط
الحقيقي		s
الإنشائي		$\frac{s}{2}$ أو $\frac{s}{3}$ $\cong$
المتموج		$\frac{s}{2}$ أو $\frac{s}{3}$ $\cong$
الوهمي	2...8 ، 1...2	$\frac{s}{2}$ أو $\frac{s}{3}$ $\cong$
المحور I	5...30 ، 3...5	$\frac{s}{2}$ أو $\frac{s}{3}$ $\cong$
المحور II	3...8 ، 3...4	$\frac{2}{3}s$ أو $\frac{s}{2}$ $\cong$
القطع	8...20	$1\frac{1}{2}s$ أو s $\cong$
المنكسر		$\frac{s}{2}$ أو $\frac{s}{3}$ $\cong$
الافرادات	4...6 ، 5...30	$\frac{s}{2}$ أو $\frac{s}{3}$ $\cong$

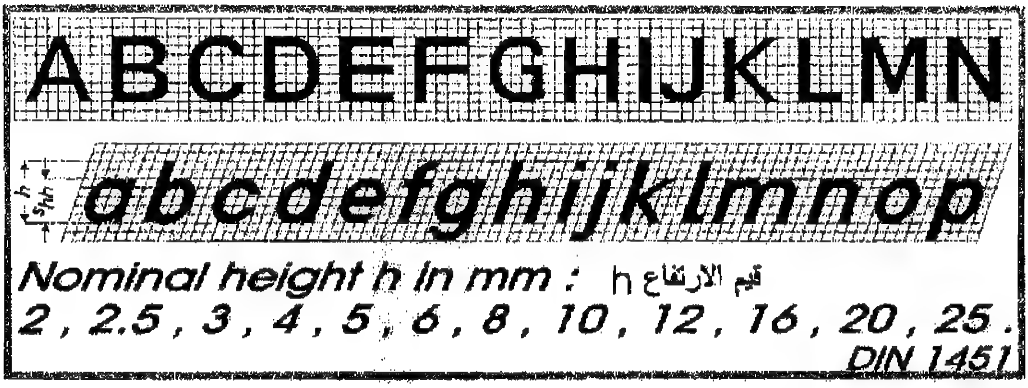


الشكل (2) أنواع خطوط الرسم

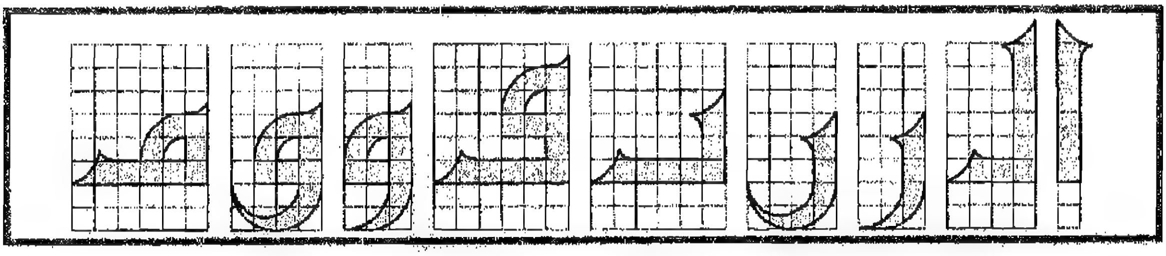
مع العلم أن الخط الحقيقي المعتمد والشائع يكون ما بين 0.7 و0.9 و1.2مم وبناءً عليه تكون الخطوط الأخرى.

أما الكتابة في الرسم فقد اعتمدت فيها الحروف اللاتينية القوطية، وبسماكة واحدة وتكتب بشكل قائم أو بزاوية ميل °75 تبعاً لحجم الرسم وبياناته (الشكل- 3).

كذلك عُدّ الخط الكوفي أساساً للكتابة في الرسوم الهندسية، باعتبار أن الحرف الكوفي هو الأقرب إلى الناحية الهندسية من دون غيره من الحروف (الشكل- 4).



الشكل (3) الحروف اللاتينية المستخدمة في الرسم



الشكل (4) الخط الكوفي المستخدم للكتابة في الرسوم الهندسية

أدوات الرسم:

أدوات الرسم الأساسية المستعملة هي:

المسطرة حرف T، المثلثات، علبة الفرجار، قلم الرصاص والممحاة، المنقلة ومساطر المنحنيات، لوحة الرسم وورق الرسم، أدوات رسم إضافية خاصة[1].

---

(1) HADI AKEEL, Design and Manufacturing Engineering Handbook (Wiley 1988).

رافق تطور الرسم تطور آخر في أدواته، فتحول البشر تدريجياً من الرسم على الصخور وبالطبشور والحجر إلى استخدام أقلام الرصاص بأنواعها والمثلثات البلاستيكية وعلبة أدوات الهندسة وأدوات التحبير وأوراق الرسم الخاصة، ومن ثم أظهر عصر المعلوماتية اليوم أداة جديدة ساعدت كثيراً في أعمال الرسم، هي الحاسوب وبرامج الرسم والتصميم بمساعدة الحاسوب CAD، وصار بالإمكان للرسام المتمكن والخبير أن يقوم بأعمال الرسم والتصميم جميعها على الحاسوب مستغنياً عن جميع أدوات الرسم التقليدية.

وباستخدام برامج الرسم الحاسوبية، يمكن إنتاج التصميم وربط الحاسوب بآلات الإنتاج وتنفيذ ما يراد إنتاجه، لا بل ظهرت الآلات المبرمجة التي تحمل في طياتها برامج الرسم والتشغيل كآلات CNC وغيرها، ودخل عصر الإنتاج إلى مفهوم CAD-CAM، أي التصميم والإنتاج باستخدام الحاسوب.

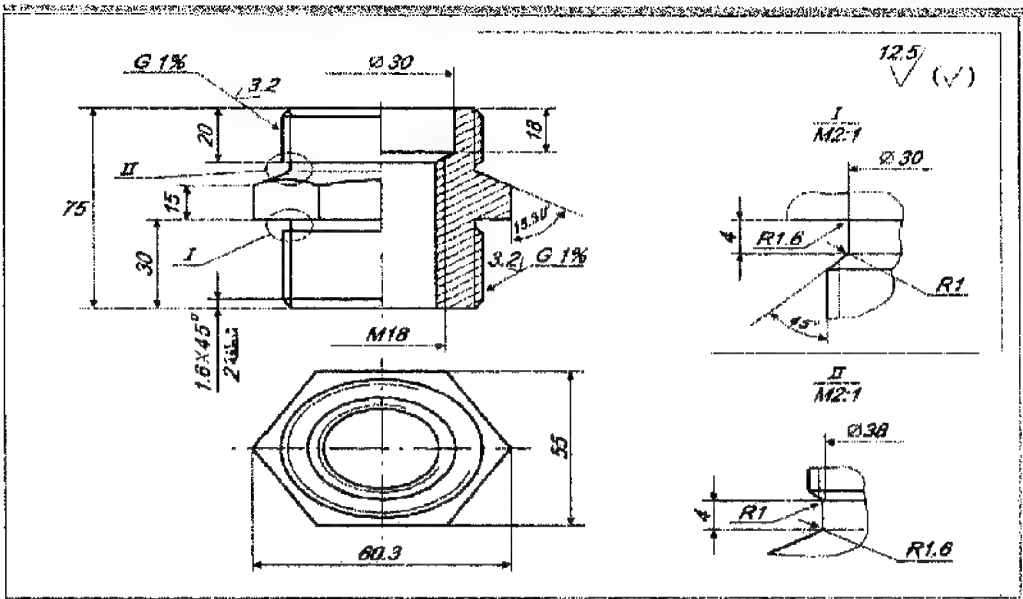
وكما أن في اللغات قواعد، ولكل حرف وكلمة معنى، فللرسم الهندسي قواعده، وشروطه، ولكل خطٍ من خطوطه معنى، فالرسم الهندسي تعبير واضح ومفصل للتصميم المراد إنتاجه، وأساس ضروري للقائمين بعملية الإنتاج أو لإنشاء بناء سكني وتنفيذه، ومن دون الرسوم الهندسية يستحيل تنظيم العمل تنظيماً صحيحاً في المعامل والورشات، فالأجهزة والآلات والأبنية والإنشاءات تبنى وفقاً للرسوم الهندسية والصناعية.

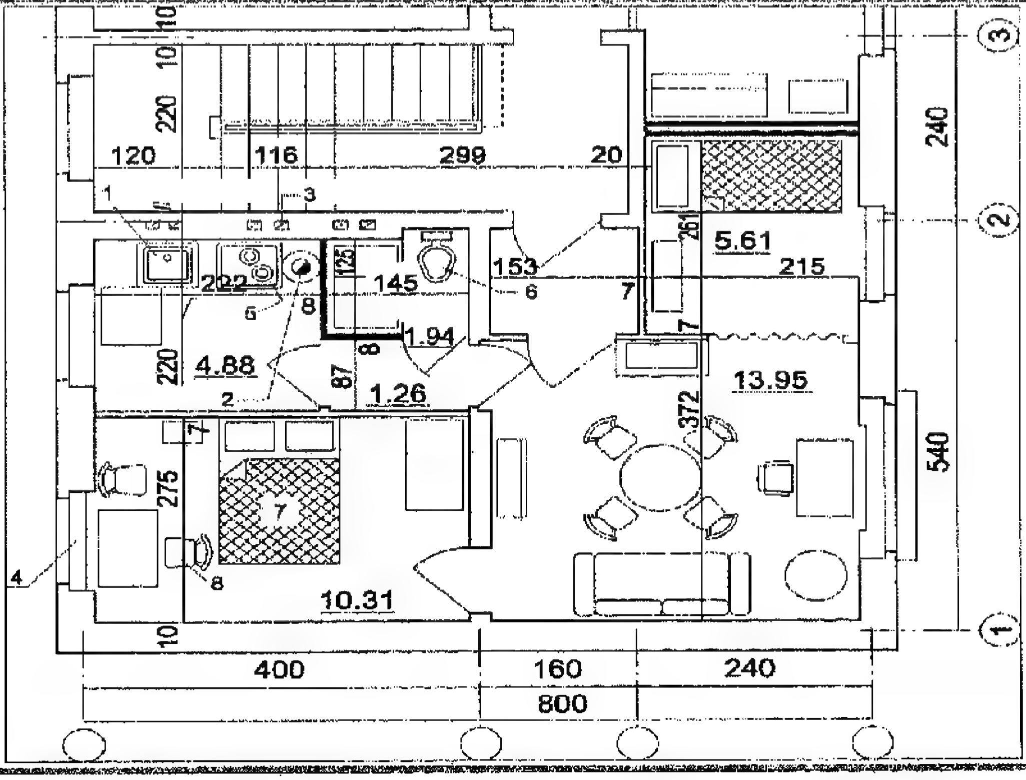
أنواع الرسم الهندسي:

هناك ثلاثة أنواع رئيسة للرسم الهندسي وهي:

1- الرسم التنفيذي: وهو النوع الأهم والرئيسي من الأنواع الثلاثة، وتسمى لوحاته بالرسوم التشغيلية، وتستخدم في جميع أقسام التنفيذ والإنتاج والتصميم، وفي شتى الأعمال الصناعية والإنشائية والمدنية، إذ تُعطى جميع المعلومات والبيانات اللازمة لتنفيذ التصميم الواحد على ورقة الرسم مباشرة، بدءاً من الشكل ونوع المعدن وحتى التسامحات وغير ذلك من المواصفات وانتهاءً بعلامات التشغيل، كما في الشكل (5- أ).

أما في الرسوم المعمارية والمدنية الإنشائية فتكون بحسب الشكل (5- ب) الذي يحدد توزع الغرف والقاعات والمنافع وأماكن الخدمات وما يفترض وجوده من لوازم في كل مسكن أو موقع، مع الأبعاد وتوزع المحاور وغيرها.



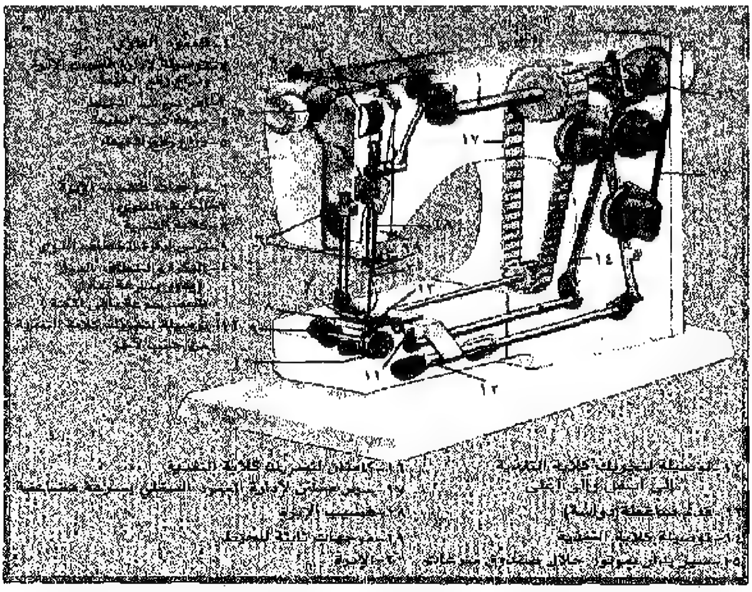


الشكل(5- أ) الرسم التنفيذي الشكل(5- ب) رسم تنفيذي يحدد توزع الغرف والقاعات وغيرها

2- الرسم الإنشائي (التجميعي): يُساعد هذا النوع من الرسم على بيان مكان توضُّع القطع بالنسبة إلى غيرها في الجهاز أو الآلة بعد إنتاجها وفي أثناء الاستخدام، كما يساعد على أعمال التركيب والفك والصيانة، وتُلحق بالرسوم عادة جداول خاصة يُبيِّن عليها اسم القطعة ونوع معدنها والعدد المطلوب منها وكل قطعة بحسب رقمها، كما توضع الملاحظات اللازمة إن وجدت[1].

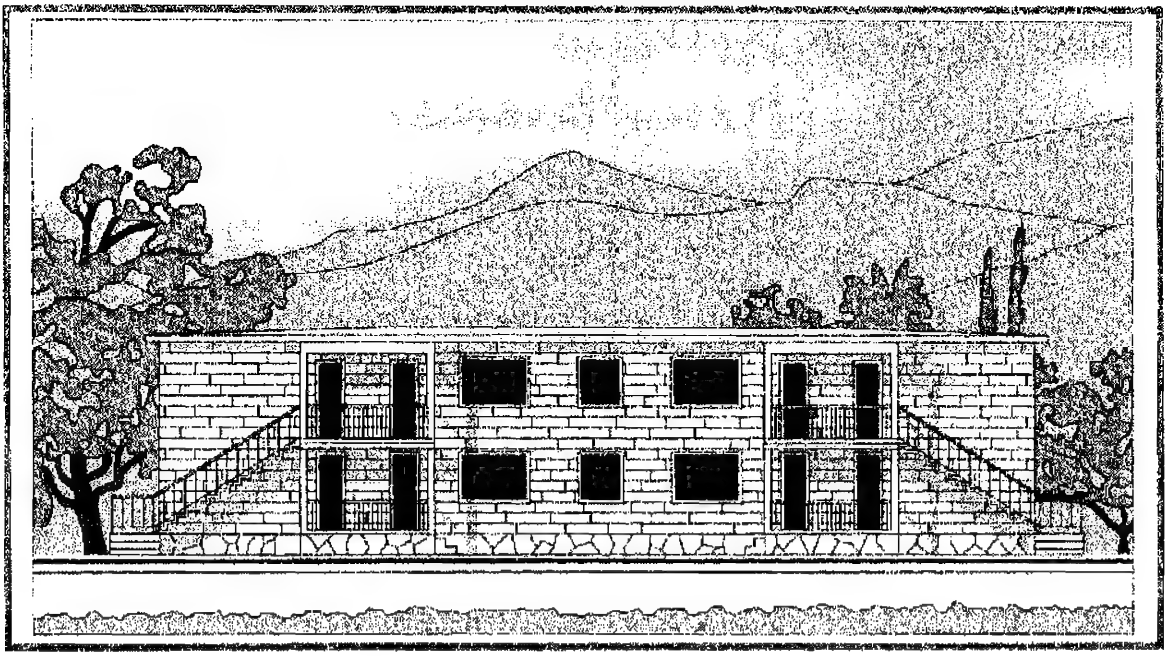
أما في الرسم الهندسي المعماري أو المدني فتوزع الغرف والصالونات والمنافع وأمكنة الأبواب والنوافذ والمحاور في الأبنية، وربما وُجدت بعض القطاعات أو المقاطع الأخرى في الرسم، ويوضح فيها أبعاد الغرف ومساحاتها وتوزعها والجدران الفاصلة والنوافذ والأبواب وأماكن الصرف الصحي، وتُرَمَّز القطع أو الغرف بحسب أهميتها وطريقة توضُّعها، أما محاور الجدران والبناء، فيعبَّر عنها بالأحرف والرموز.

3- الرسم الإجمالي: يُستخدم هذا النوع من الرسم لإيضاح الشكل الكلي أو المنظر الكلي للآلة أو الجهاز أو البناء عامة، ويرفق بهذا الرسم جدول يتضمن التسمية وأجزاءها المرقمة والبيانات الخاصة بكل قطعة (الشكل- 6)، والمنظر العام للبناء (الشكل- 7).

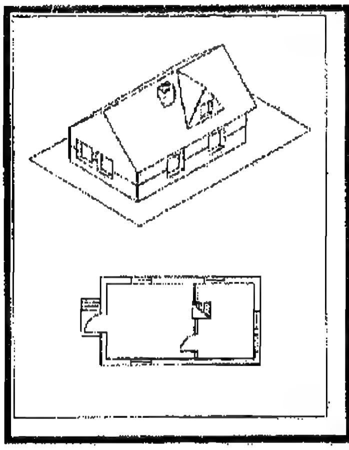


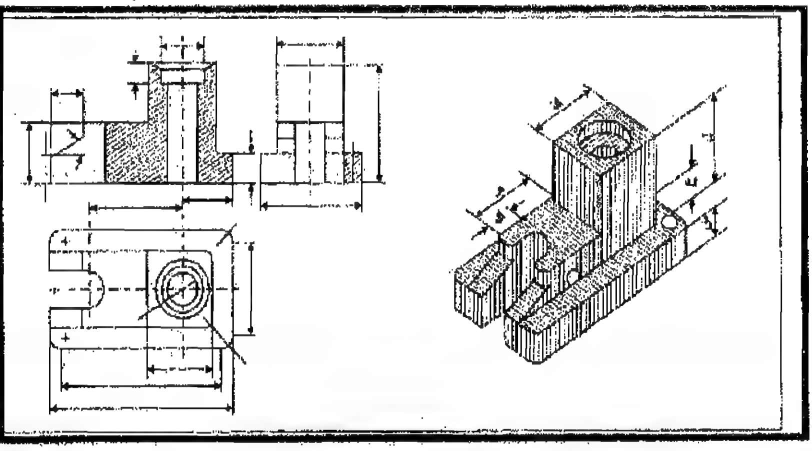
الشكل (6) رسم تخطيطي يبين النظام الميكانيكي لمكنة خياطة منزلية

(1) W.LUZADDER, Fundamentals of Engineering Drawing (Prentice - Hall 1986).



الشكل (7) المنظر العام للبناء





الشكل (8- ا) رسم كروكي أو مختصر   الشكل (8- ب) رسم مجسم

وهناك أيضاً ما يسمى الرسم الكروكي أو المختصر ويستخدم عادة لرسم منظور أو مجسم لقطعة ما، أو لفكرة تصميمية وردت، فتطرح الأفكار على الورق العادي أولاً ومن ثم تحضر فنياً بالأدوات الهندسية اللازمة كما في الرسم التنفيذي (الشكل 8- أ، ب)[1]

(1) الموسوعة العربية، محمد بسام شفيق الخباز، المجلد التاسع، ص834، (بتصرف).

حرف السين

السدود : Dams

تعد السدود dams، من أكبر المنشآت المائية التي ينفذها الإنسان على الأنهار الدائمة الجريان أو الوديان الموسمية من أجل تخزين مياهها وتنظيم جريانها ودرء أخطار الفيضانات ومواسم الجفاف، واستخدام المياه في توليد الطاقة الكهربائية النظيفة، وتعويض النقص في مياه الشرب والاستخدامات المنزلية والصناعة والسياحة والزراعة المروية، وتنظيم الملاحة النهرية والمحافظة على البيئة، تنفّذ السدود بارتفاع قليل نسبياً على الشواطئ البحرية من أجل درء مخاطر المدّ والجزر كما هي الحال في هولندا، كما تنفّذ على الأنهار الكبيرة من أجل درء خطر فيضاناتها وحماية الأراضي المأهولة المنخفضة المحيطة بها، ويطلق عليها عندئذ اسم سدود الحماية.

يتألف السد أساساً من جسم السد dam wall والمفرِّغ السفلي bottom outlet والمأخذ المائي water intake والمفيض spillway، وينفّذ جسم السد عادةً في أضيق خانق توفره الطبيعة على مجرى الوادي، من أجل تقليص حجم أعمال السد وكلفتها إلى أدنى حد ممكن، شريطة أن يتسع مجرى الوادي قبل موقع السد لتشكيل الخزان المائي المناسب، ومن المفروض أن يوفر هذا المجرى مورداً مائياً كافياً يسوغ إقامة السد، كما يمكن في بعض الحالات الخاصة جلب المياه إلى الخزان من مصدر مائي قريب بالضخ إذا كان ذلك مجدياً فنياً واقتصادياً، ومن المفروض أيضاً أن يتوافر في موقع السد الشروط الجيولوجية الكفيلة بتحمّل الإجهادات التي

ستطبق عليه إضافةً إلى توافر الشروط الهدروجيولوجية المناسبة لضمان كتامة أساسات السد وبحيرة التخزين لتقليص الفواقد المائية فيها إلى الحد المقبول اقتصادياً.

أما المأخذ المائي والمفرِّغ السفلي فهما منشآت أنبوبية تُنفّذ تحت جسم السد أو على أحد كتفي الوادي من أجل إسالة المياه من بحيرة السد إلى المنطقة الواقعة خلف جسم السد بأمان، ويتم ذلك بتجهيزهما بالبوّابات المناسبة للتحكم بكمية المياه اللازمة للغرض المخصص لها، ويمكن دمج هاتين المنشأتين في منشأة واحدة في بعض الحالات، وخاصة في السدود الصغيرة والمتوسطة.

وأما المفيض فهو منشأة تعمل عمل صمّام الأمان، فتخلّص بحيرة السد من المياه التي تفيض عن حجم تخزينها الأعظمي المعتمد، ولاسيما مياه الفيضان وذلك بإسالتها بأمان إلى المنطقة الواقعة خلف السد أو إلى وادٍ مجاور.

لمحة تاريخية:

بنى الإنسان السدود منذ غابر العصور، فقد بنى الحيثيّون سد قطينة على نهر العاصي، واشتهر البابليون ببناء السدود الصغيرة والقنوات على نهري دجلة والفرات، وقد نظّمت قوانين حمورابي كيفية استخدام المياه، كما برع المصريون القدماء بتنفيذ السدود على نهر النيل، واشتهر الرومان في إشادة العديد من السدود على الأنهار الواقعة ضمن إمبراطوريتهم، ومنها نهر الراين، وذاع صيت العرب أيضاً بعد بنائهم سد مأرب في اليمن السعيد، إلا أنه لابد من القول بأن فن بناء السدود الترابية في تلك العصور وحتى الماضي الحديث، أي حتى قبل نحو مائتي عام تقريباً، كان يعتمد بالضرورة على الخبرة التجريبية البحتة، وحتى بعد أن أصبح من المسلّمات استخدام تلك المواد الطبيعية التي تُسمى "تربة" earth مواد بناء في

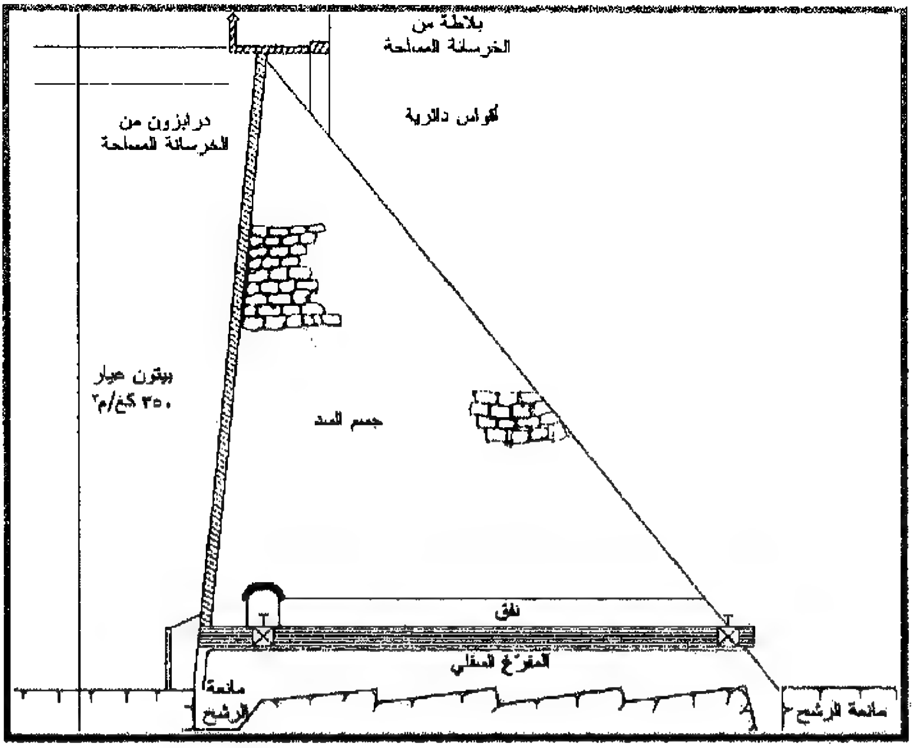
هذه السدود، فقد كان مفهوماً عاماً يشتمل على عدد كبير من النماذج المختلفة للتربة؛ من الغضار clay وحتى الركام، لذلك كان أكثر من ثلثي السدود التي انهارت في الماضي القريب من السدود الترابية التي لم تصمد مدة طويلة من الزمن، وانقسم المهندسون المصممون إلى مجموعتين، اختارت أولاهما الخرسانة مادة أساسية لبناء السدود، في حين سعت المجموعة الثانية إلى تقصّي أسباب الإخفاق في بناء السدود الترابية.

وانطلاقاً من حقيقة أن المعرفة الشاملة لمواصفات مادة البناء المستعملة يجب أن تكون في مقدمّة كل عمل فنّي جدّي، نشأ علم ميكانيك التربة soil mechanics أو الجيوتكنيك الذي تطوّر بعد ذلك وبيّن أن المفهوم الشامل للتربة إنما ينطوي على مفهوم مجرّد بعيد عن الواقع، وبفضل تطوّر هذا العلم الجديد صار ممكناً البرهان على أمان استقرار السد الترابي موضوعياً وحسابه رقمياً، كما هي الحال في أي منشأة معدنية أو بيتونية مسلّحة، مع دراسة تغيّر سلوك بعض أنواع التربة بدلالة الزمن والهبوطات المتوقعة فيها، وشروط رشح المياه عبر جسم السد وأساساته والإجراءات الوقائية لخطر الحت، وإمكانية تحسين الأساسات من أجل تقليص الرشوحات المائية عبرها إلى الحد المبرّر اقتصادياً، وضمان أمان استقرار جسم السد في حالات التشغيل العادية والاستثنائية بما في ذلك الهزّات الأرضية.

ومع ذلك لابد من القول بأن تطبيق منجزات علم ميكانيك التربة/الجيوتكنيك في بناء السدود الترابية مدين بنجاحه إلى المنجزات الكبيرة التي حققها علم هندسة الميكانيك وبناء الآليات الثقيلة المستخدمة اليوم في فرق السدود، فلقد امتزج هذان العلمان لدرجة تصعب معها رؤية علاقة الأول وارتباطه بالآخر(1).

(1) LAWRENCE H. BERLOW, The Reference Guide to Famous Engineering Landmarks of the World: Bridges, Tunnels, Dams, Roads, and Other Structures. (Oryx 1997).

أنواع السدود:



الشكل (1) سد ثقلي، سد الحفة في حوض الساحل في سورية

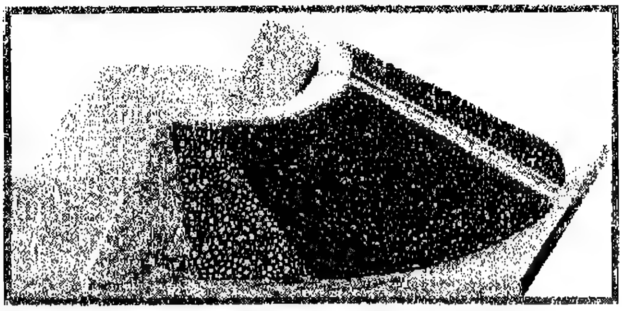
تقسم السدود وفق الهدف المتوخّى منها إلى سدود تخزينية أو سدود درء الفيضان أو سدود ترشيحية لتغذية المياه الجوفية، أما من حيث مواد إنشائها، فتقسم إلى نوعين رئيسين: خرسانية وترابية.

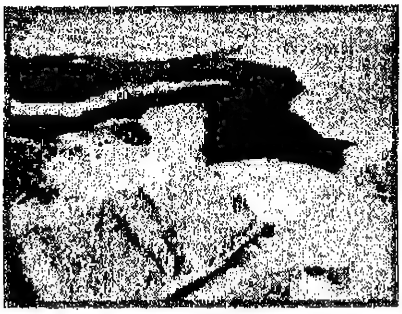
1- السدود الخرسانية concrete dams: لا يُنفّذ هذا النوع من السدود إلا في المواقع الصخرية القاسية وغير القابلة للهبوط عملياً بسبب قساوة مادة الخرسانة وعدم قدرتها على مماشاة الهبوطات الكبيرة نسبياً التي قد تحصل في أساسات السد وأكتاف الوادي نتيجة الإجهادات المطبقة عليها.

تشمل السدود الخرسانية ما يأتي:

أ- السدود الثِقَلية gravity dams: وهي تعتمد على وزنها في ضمان استقرارها وتستفيد من منجزات علوم الخرسانة وميكانيك الصخور والحاسوب بصورة رئيسة، ويمكن أن يكون محور جسم السد الثِقَلي مستقيماً أو قوسياً (الشكل- 1).

ب- السدود القوسية الرقيقة thin arch dams: ويمتاز العديد منها بتصاميم جميلة غاية في الرشاقة، وهي تعتمد على شكلها القوسي في نقل الإجهادات إلى كتفي الوادي وتستفيد من منجزات علوم الإنشاءات والخرسانة المسلّحة وميكانيك الصخور والحاسوب وتقنيات القالب المنزلق (الشكل- 2).





الشكل (2) سد قوسي

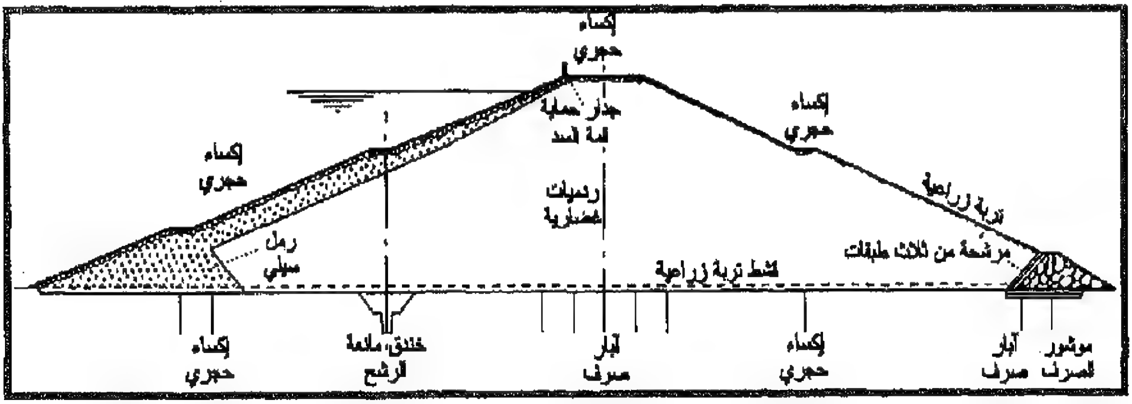
تتصف السدود الخرسانية عموماً بارتفاع كلفة تنفيذها بسبب ارتفاع كلفة الخرسانة وفولاذ التسليح وتقنيات التنفيذ المعقدة.

توجد في الأحباس الوسطى والسفلى من المجاري المائية مواقع عديدة تتوضع فيها الطمي النهرية ونواتج تجوية الصخور الأم التي توجد في سرير الوادي وعلى كتفيه بسماكات مختلفة، وإذا كانت هذه المواقع غير مناسبة لإقامة السدود الخرسانية فيها، إلا أنها غالباً ما تكون مواقع مناسبة جداً لتنفيذ السدود الترابية والركامية للمرونة النسبية التي تتمتع بها ردميات هذه السدود وقدرتها على مماشاة الهبوطات المدروسة في الطمي التي تشكل جزءا مهماً من أساسات السدود، وقد أصبحت الأكثر شيوعاً.

2- السدود الترابية والركامية earth & earth-rock dams: من أهم الميزات الاقتصادية لهذه السدود أن الطبيعة قد هيأت لنا مجاناً مواد البناء ووفّرتها بالكميات المناسبة بالقرب من موقع السد في غالبية الأحيان، ومن ميزاتها المهمة أيضاً إمكانية بنائها فوق أي نوع من الأساسات تقريباً، باستثناء تلك التي تحتوي على نسب عالية من المواد العضوية، وتؤدي خبرة المهندس المصمم وقناعاته الشخصية في هذا المجال دوراً أكبر بكثير مما هي عليه الحال في أي

منشأة هندسية أخرى، إذ يمكن عموماً تصميم عدة سدود مختلفة تتصف كلها بالأمان والاقتصادية من أجل الموقع نفسه على الرغم من شدة تباين هذه التصاميم فيما بينها.

تُنفّذ هذه السدود على طبقات يتوقف سمكها على نوعية التربة وآليات التنفيذ المتاحة أو اللازمة لرصّها في مواقعها من جسم السد، وتشمل آليات تنفيذ هذه السدود مختلف آليات تحريك التربة ونقلها وفرشها وترطيبها ورصّها، وتلعب درجة الرص الواجب تحقيقها في جميع أنواع التربة الناعمة- الكتيمة والخشنة- النفوذة التي يتألف منها جسم السد دوراً هاماً في ضمان المواصفات المطلوبة منها، ومن ثم ضمان استقرار السد، ومن أكبر الأخطار التي تهدد أمان استقرار السدود الترابية والركامية هو رشح المياه عبر أساساتها بما يزيد على الحد المسموح به وفيضان مياه بحيرة التخزين فوق قمة السد بسبب عجز المفيض عن تصريف مياه موجة عالية استثنائية أو لأي سبب آخر.

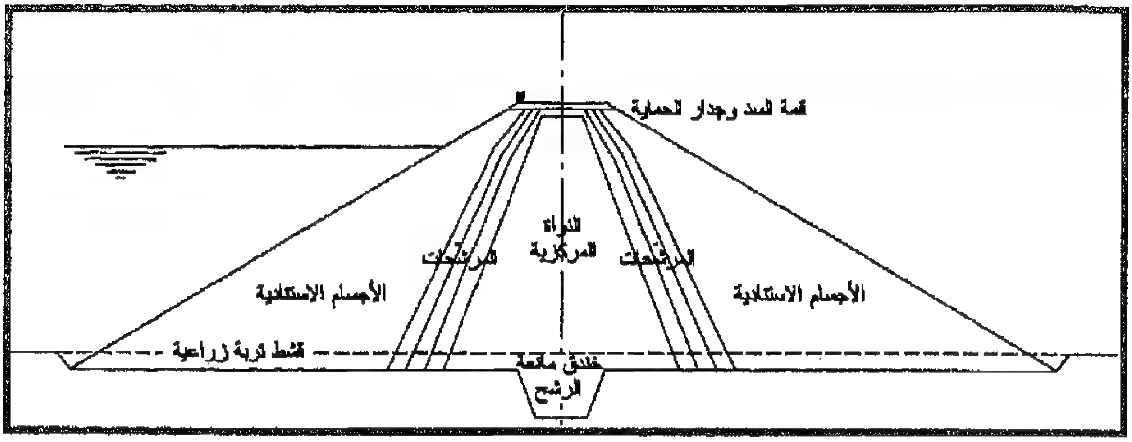


الشكل (3) سد متجانس، سد الجرّاح على وادي الجرّاح في الجزيرة السورية

تشمل السدود الترابية ما يأتي:

أ- السدود المتجانسة homogeneous dams: تبنى السدود الترابية المتجانسة كلياً، من مادة بناء واحدة، وغالباً ما تكون هذه المادة هي الغضار وخلائطه، وهي تضمن استقرار جسم السد وكتامته ضد رشح المياه (الشكل- 3).

ب- السدود غير المتجانسة: تُنفذ هذه السدود من عدة أنواع من التربة، ويعد السد الركامي أفضل ممثل لها، ويتألف السد الركامي أساساً من نواة كتيمة تحيط بها منطقة انتقالية من تربة راشحة منتقاة من رمل وحصى، ومن أجسام استنادية أمامية وخلفية من الركام ذي التدرّج الحبيبي المناسب، حيث تضمن النواة الكتامة اللازمة ضد رشح المياه عبر جسم السد في حين تضمن الأجسام الاستنادية استقرار جسم السد (الشكل- 4).



الشكل (4) سد ركامي؛ سد السّفان على أحد روافد نهر دجلة في سورية

غالباً ما تُنفذ النواة الكتيمة من تربة غضارية يتمّ رصّها على طبقات بوساطة المداحي الملساء أو المداحي ذات أرجل الغنم الساكنة أو الرجّاجة وفق نوعية التربة، وبرطوبة قريبة من الرطوبة المثلى وفق الحال، وعندما لا تتوافر كميات كافية من الغضار، يمكن تنفيذ هذه النواة من مواد صُنعية، ويمكن تصميم هذه النواة نواةً شاقولية مركزيةً أو نواةً مائلةً ضمن جسم السد أو على سفحه الأمامي، كما يمكن أن تكون نواةً رقيقة أو نواةً عريضة.

حين ترشح المياه من بحيرة التخزين عبر ردميات جسم السد باتجاه السفح الخلفي تؤثر المياه الراشحة في تربة النواة الغضارية بقوى تسمى قوى المياه الراشحة على اتجاه حركتها نفسها، وتحاول نتيجة قوى الاحتكاك جرف جزيئات التربة الناعمة إلى داخل مسامات التربة الخشنة المجاورة لها، لذلك لابد من لحظ منطقة وسيطة بينهما تتألف من عدة طبقات ذات تركيب حبيبي متدرّج تسمى المرشّحات

filters، بهدف صرف المياه الراشحة بسرعة وتثبيت جزيئات التربة في أماكنها، وفي حال عدم توافر المواد الطبيعية لتنفيذ هذه المرشحات، يمكن استخدام المرشحات الصُنعية.

تتألف الأجسام الاستنادية من ركام طبيعي يتمّ استخراجه من المقالع بوساطة التفجير على بُعد اقتصادي من جسم السد، ويتمّ رص هذا الركام بوساطة المداحي الرجّاجة الكبيرة حتى يصل إلى الكثافة المطلوبة.

3- السدود الخرسانية المدحولة roller compacted concrete dams: وهي تنفّذ من الخرسانة التي تُرصّ على طبقات بوساطة المداحي المألوفة في السدود الترابية، ويعد سد الوحدة، وهو قيد التنفيذ اليوم على نهر اليرموك، نموذجاً لهذا النوع من السدود.

4- السدود الترابية الإسمنتية soil-cement dams: وتتألف مادة بنائها من تربة ناعمة تُمزج بنسبة قليلة من الإسمنت وتُرصّ على طبقات بوساطة المداحي كما هو مألوف في السدود الترابية، وقد استُخدمت هذه التقنية على الوجه الأمامي لبعض السدود(1).

العوامل المؤثّرة في تصميم السدود:

من أهم هذه العوامل الغاية من السد ومواد البناء، وطبيعة الأساسات، والمناخ، وشكل الوادي، وطريقة تحويل مياه النهر في أثناء مدة التنفيذ، وفعل الأمواج في خزان السد، والمدة المتاحة للتنفيذ، وفيما يأتي بعض هذه العوامل:

1- الغاية من السد: يُحدد هدف السد وطريقة استثمار بحيرة التخزين خلفه، كمية الفواقد المائية المسموح بها عبر جسم السد وأساساته، ففي سدود مياه الشرب والمواقع ذات الموارد المائية المحدودة، من المفروض أن تكون هذه الفواقد ضئيلة جداً بسبب الحاجة إلى المياه، والكلفة الباهظة التي تُنفق على تخزينها، وفي هذه الحالة يجب اتخاذ جميع الإجراءات الممكنة لتقليص حجم

---

(1) ماجد داوود، السدود الترابية والركامية (نقابة المهندسين السوريين، دمشق 1996).

هذه الفواقد المائية إلى أدنى حدّ ممكن، وضمان أمان استقرار السد، أما ما يتصل بسدود درء الفيضان فلا توجد عموماً أي حدود اقتصادية لكمية الفواقد المائية إلا وفق ما يقتضيه أمان استقرار جسم السد، وفي بعض سدود توليد الطاقة الكهربائية فقد تبقى بحيرة التخزين فترة طويلة ملأى بالمياه ليجري بعد ذلك تفريغها في عدة ساعات من أجل توليد أكبر طاقة كهربائية ممكنة مما يعرض وجهها الأمامي إلى خطر التفريغ السريع، والسدود التي تُصمم لتبقى فارغة خلال فترة طويلة من الزمن تتطلب بعض الإجراءات التصميمية لوقايتها من أخطار الحيوانات القارضة وأخطار التشقق بسبب الجفاف.

2- مواد البناء المتوافرة: عندما يوجد نوع واحد من التربة بالقرب من موقع السد، تكمن مسألة التصميم في اختيار السد الأكثر اقتصاديةً الممكن إنشاؤه من هذا النوع من التربة، وإذا كانت هذه التربة كتيمة فسيعتمد تصميم السد أساساً على ردميات متجانسة، أما إذا كانت التربة المتوافرة نفوذة كالرمل والبحص، فيمكن عندئذ اعتماد عنصر الكتامة على الوجه الأمامي للسد من مواد مُصَنَّعة كالبلاطات الخرسانية أو الخرسانة الأسفلتية أو الصفائح المعدنية غير القابلة للصدأ وغيرها، وذلك وفق المواد المتاحة والمقارنة الفنية- الاقتصادية، وقد تتوافر بالقرب من موقع السد أنواع عديدة من التربة، وفي هذه الحالة يُفضل اختيار سد غير متجانس.

3- طبيعة الأساس: يُعطى لمواصفات الأساس التأثير الكبير في تصميم ردميات جسم السد، وقد تكون مسألة معالجة الأساس في بعض الأحيان من أهم وأصعب عناصر تصميم المشروع، وكلما كانت تربة الأساس ذات مقاومة ضعيفة للقص، كان من الضروري تصميم ردميات جسم السد أعرض وبميول أصغر من الميول الممكنة في موقع آخر، كما يجب أيضاً مراعاة الهبوطات المتوقعة في تربة الأساس الرخوة وتأثيرها في الارتفاع الاحتياطي في جسم السد وإمكانية حدوث التشققات نتيجة الهبوطات غير المتجانسة، أما

إذا كان الأساس صخرياً فلا بد من ضمان ربط نواة السد بصخر الأساس جيداً وبطريقة كتيمة، وإذا كانت هناك ثمة ضرورة لتنفيذ ستارة حقن في صخور الأساس، فيجب أن يكون هذا الإجراء مسوغاً فنياً واقتصادياً.

أهمية أجهزة القياس في السدود الترابية والركامية:

تتمتع ردميات هذه السدود بمرونة لا بأس بها نسبياً تجعلها قادرة على محاكاة الحركات والتشوّهات المتوقع تشكلها في أساسات السد وردمياته في مختلف مراحل عمر المشروع، ويتمّ تقديرها بالاستناد إلى نتائج التجارب المخبرية التي تُجرى على مواد الإنشاء وتربة الأساسات، كما يجب رصدها من المراقبات الحقلية، ويُميّز في هذا المجال بين حركة الردميات في أثناء مرحلة التنفيذ ومرحلة الاستثمار، تشمل حركة الردميات في أثناء مرحلة التنفيذ هبوط الردميات الترابية التي تؤثّر فيها بصورة رئيسة نسبة الرطوبة التنفيذية ومواصفات التربة، ولاسيما كثافتها الجافة وإمكانية تشكل ضغوط مسامية فيها، وهبوط الردميات الركامية التي تتأثر بطريقة رصها وكمية المياه المستخدمة في ترطيبها وكمية التربة الناعمة والأحجار الصغيرة الموجودة ضمنها، وبمواصفات صخور الركام من حيث المقاومة والشكل والحجم، إضافة إلى هبوط تربة الأساسات الناجم عن وزن الردميات المتوضعة فوقها، أما حركة الردميات الترابية بعد التنفيذ فهي تشمل استمرار عملية انضغاطها ومن ثم هبوطها تحت تأثير وزنها الذاتي وضغط المياه عليها ومدى تلاشي الضغوط المسامية التي ربما تكون قد تشكلت ضمنها، في حين تنجم هبوطات الردميات الركامية بعد التنفيذ عن إعادة توضع صخور الركام تدريجياً تحت تأثير الإجهادات المركزة في نقاط التماس بين هذه الصخور مما يؤدي إلى إعادة تنظيم بنية الركام إلى كتلة أكثر كثافة نسبياً[1].

تتحرك قمة السد عند امتلاء بحيرة التخزين بالمياه أفقياً باتجاه الوجهين الأمامي والخلفي للسد وذلك نتيجة ظاهرتين متعاكستين، فضغط المياه على الوجه

---

(1) أنظر أيضاً: ماجد داوود، السدود الترابية المرصوصة (نقابة المهندسين السوريين، دمشق 1983).

الأمامي يحاول دفع جسم السد باتجاه الخلف، إلا أنه يضغط أيضاً على الأساسات الواقعة تحت الوجه الأمامي مؤدياً بذلك إلى دوران قمة السد باتجاه الأمام، وينجم عن محصلة هاتين الحركتين انحراف ما باتجاه أحد وجهي السد عند امتلاء بحيرة التخزين بالمياه وبالاتجاه المعاكس عند تفريغها، كما تتحرك قمة السد عندئذ طولياً على نحو موازٍ لمحور السد باتجاه مركز الوادي أو كتفيه وفق قيمة الضاغط المائي ونوعية صخور كتفي الوادي.

يتمّ رصد الهبوطات الشاقولية وحركة قمة السد المذكورة أعلاه عن طريق زرع نقاط قياس في مواقع مميزة من جسم السد وقمته والمنطقة الواقعة خلفه، من أجل مراقبتها لاحقاً بوساطة أجهزة المساحة الدقيقة وتحديد تشوّهاتها في أثناء مدة التنفيذ والاستثمار انطلاقاً من نقاط مرجعية ثابتة محددة على كتفي الوادي وعلى طول محور السد، ووفق برنامج مراقبة محدد للوقوف من خلال ذلك على سلوكية السد في أي وقت عن طريق المقارنة الدورية بالوضع الأساسي.

يجب أيضاً قياس الضغوط المسامية التي قد تتشكل في تربة الأساسات والردميات الترابية بوساطة خلايا قياس خاصة من أجل الوقوف على مدى خطورة هذه الضغوط المسامية في أثناء مرحلتي التنفيذ والاستثمار، ومقارنة الضغوط المقاسة بالضغوط المحسوبة.

كما تجب مراقبة المياه الراشحة عبر النواة الكتيمة وأساسات السد عن طريق لحظ عدد كافٍ من آبار المراقبة التي تُسمّى بالبيزومترات، كما يجب مراقبة تطوّر عكر المياه الظاهرة للعيان خلف السد في حال وجودها.

مراحل دراسة السدود وتنفيذها:

يشمل تصميم السد كلاً من الدراسة الأولية والدراسة النهائية.

1- تشمل الدراسة الأولية عدة مواقع على المجرى المائي آخذين بالحسبان العوامل المؤثرة في تصميم السد من أجل اختيار أفضل المواقع لإقامته، وتشمل هذه المرحلة تنفيذ مختلف أنواع التحريات الأولية بما في ذلك مواد البناء والأثر

البيئي ووضع المخطط العام لمشروع السد وملحقاته، إضافةً إلى التقييم الفني- الاقتصادي الأولي.

2- أما المرحلة النهائية للتصميم فتشمل تنفيذ جميع التحرّيات التفصيلية في الموقع المعتمد وتقدير كميات مواد البناء اللازمة وتحديد مواصفاتها الفيزيائية - الميكانيكية وإعداد المخططات التنفيذية التفصيلية والمواصفات الفنية لجميع الأعمال التي يتألف منها مشروع السد، إضافة إلى دراسة الأثر البيئي والتقييم الاقتصادي النهائي للموقع المختار وفق الطرق المعتمدة دولياً.

3- مرحلة التدقيق: يدقق الدراسة استشاري مؤهل، وعلى المهندس المصمم مناقشة التعديلات التي يقترحها المهندس المدقق وإجراء التعديلات اللازمة على التصميم وفق ما يتمّ الاتفاق عليه بإشراف الإدارة صاحبة المشروع التي تتخذ القرارات وفق مصلحتها ومصلحة مشروعها في حال وجود خلاف في بعض وجهات النظر.

4- بعد استلام الدراسة المُدقّقة للمشروع استلاماً نهائياً من قبل الإدارة صاحبة المشروع يتمّ التعاقد مع شركة مؤهلة لتنفيذ مشروع السد وملحقاته وفق المخططات والمواصفات الفنية المعتمدة بموجب مناقصة داخلية أو عالمية.

5- مهما كانت التحريات الجيولوجية- الهيدروجيولوجية كثيفة، إلا أن نتائجها تبقى نقطية تعبّر عن المنطقة التي أُجريت فيها، لذلك غالباً ما تتكشف في أثناء التنفيذ بعض العوامل الطارئة وغير الملحوظة في تصميم السد مما يقتضي إجراء بعض التعديلات على المخططات التنفيذية، لذلك يُفضّل التعاقد مع المهندس المصمم لمواكبة تنفيذ المشروع وإجراء التعديلات اللازمة بما ينسجم مع التصميم الأساسي.

6- يجب التعاقد مع مهندس استشاري مؤهل للإشراف على تنفيذ المشروع وفق المخططات النهائية المعدلة والمواصفات الفنية المعتمدة.

أهمية استثمار السد:

بعد تنفيذ السد وفق الخطوات المذكورة أعلاه يتمّ استلام المشروع من قبل الإدارة صاحبة المشروع استلاماً أولياً، ثمّ يدخل السد مرحلة الملء التجريبي وفق برنامج يُتفق عليه بين المهندس المصمم والإدارة إلى أن يصل السد إلى مرحلة الاستثمار النهائي الناجح، عندئذ يمكن أن يقال بأن دراسة السد قد وصلت إلى نهايتها ويمكن استلام مشروع السد استلاماً نهائياً، يجب ألا تقل خبرة المهندس المنفذ لمشروع السد عن خبرة المهندس المصمم، وعلى المهندس المسؤول عن استثمار السد أن يستوعب جميع المراحل السابقة التي مرّ بها المشروع من أجل ضمان تشغيله وصيانته بطريقة آمنة، فمن المعروف أنه لا يوجد تصميم أو تنفيذ مثالي في مجال السدود الترابية والركامية لكثرة العوامل المؤثرة فيها، وهذا ما يضفي على استثمار مشروع السد أهميةً خاصة، فالاستثمار المقترن بإجراء المراقبة اليومية أو الأسبوعية أو الشهرية أو السنوية وفق المواصفات القياسية ذات الصلة يضمن اكتشاف أي عيوب قد تظهر، ويمكّن من إيجاد الحلول المناسبة لها وتنفيذها في الوقت المناسب من دون أن يتعرّض السد والمناطق المجاورة له للخطر، أما الاستثمار السيئ فقد يكون قادراً على تعريض السد للخطر الجاد مهما كان السد جيّد التصميم والتنفيذ.

السدود في الوطن العربي:

أولت الدول العربية اهتماماً خاصاً لتنظيم مواردها المائية السطحية عن طريق بناء العديد من السدود الترابية والركامية، وكانت الجمهورية العربية السورية رائدة في هذا المجال، فقد نفذت حتى اليوم 167سداً صغيراً ومتوسطاً وكبيراً، وكان أهمها سدّ الطبقة على نهر الفرات، كما أسهمت السدود الأخرى في توزيع الثروة المائية على مختلف المحافظات السورية وتوفير شروط العمل فيها والحد من هجرة الريف إلى المدينة، ومن أهم السدود في الوطن العربي السد العالي في مصر، وسد الروصيرص في السودان على نهر النيل، وسد الغريب في الجزائر، وسد الويد الكبير في تونس، وسد مأرب في اليمن، وسد الوحدة المشترك بين سورية

والمملكة الأردنية الهاشمية على نهر اليرموك (قيد التنفيذ حالياً)، وسد القادسية على نهر الفرات وسد الموصل على نهر دجلة في العراق.

أهمية السدود الاقتصادية والاجتماعية والبيئية:

تعد السدود من أكبر المنشآت الهندسية التي ينفّذها الإنسان في الطبيعة، ولا شك في أن لها آثاراً إيجابية وأخرى سلبية، ومن آثارها الإيجابية توفير المياه اللازمة للنمو الاقتصادي والاجتماعي وخصوصاً في منطقتنا شبه الجافة، فالماء هو الحياة، ومن آثارها السلبية غمرُ بعض الأراضي الخصبة وترحيل سكان القرى والمدن الواقعة ضمن بحيرة السد وتبخّر كميات من المياه، وحجز الطمي عن الأراضي الزراعية الموجودة أسفل السد وعن الشواطئ البحرية، وما قد ينجم عنه من تراجع فيها، وفي المحصلة، لابد أن تكون إيجابيات مشروع السد الاقتصادية والاجتماعية والبيئية أكبر من سلبياته المحتملة من أجل تسويغ إنشاء السد.

الآفاق المستقبلية:

تقضي ضرورة مواكبة التطور الاقتصادي والاجتماعي للنمو السكاني الكبير نسبياً في الوطن العربي، بالاستمرار في بناء السدود حيثما كان ذلك فنياً واقتصادياً ممكناً والعمل مع مهندسي البيئة على تقليص سلبياتها البيئية إلى أدنى حد ممكن، وذلك من أجل تأمين المياه واستخدامها وفق أولوياتها الاقتصادية والاجتماعية في مجالات الشرب والصناعة والسياحة والزراعة المروية وإنتاج المزيد من الغذاء، ومن المعروف أن توفير هذا المطلب على مستوى البلد العربي الواحد أمر صعب التحقيق، لذلك لابد من تعزيز التعاون بين الدول العربية في مجال المياه والتشجيع على إقامة مشروعات مائية مشتركة فيما بينها وتشكيل مجلس أعلى للمياه على مستوى وزراء المياه العرب من أجل تحقيق ذلك[1].

(1) الموسوعة العربية، ماجد داوود، المجلد العاشر، ص773، (بتصرف).

السكك الحديدية : Railway

يطلق اسم السكة الحديدية railway أو الخط الحديدي على شريط النقل البري، المؤلف من شفع متواز من القضبان الفولاذية مثبتة على عناصر عرضانية تدعى العوارض، موضوعة فوق طبقة من البحص (البلاست) المرصوص جيداً، إضافة إلى مستلزماته الأساسية، مثل أبنية المحطات والخدمات وتجهيزات الإشارات والاتصالات والتغذية الكهربائية وتجهيزات تغيير الاتجاه والأدوات المحركة والمتحركة اللازمة لسير القطارات وسلامتها.

لمحة تاريخية:

عرفت السكك الحديدية وغير الحديدية منذ القديم، ففي القرن الخامس عشر كانت العربات التي تجرها الخيول تسير على سكك خشبية ثم فولاذية، ثم جاء اختراع الآلة البخارية في القرن الثامن عشر، فجذبت الأنظار نحو إمكانية استخدام هذه الطاقة في مجال النقل، وفي أوائل القرن التاسع عشر، بدأت الأبحاث التي تهدف إلى تطبيق مبدأ الآلة البخارية، وفي عام 1804، ظهرت أول قاطرة بخارية في إنكلترا، قام بتصميمها ريتشارد تريفيتشيك Richard Trevithick، واستطاعت أن تجر قطاراً مؤلفاً من خمس عربات محملة بعشرة أطنان من الحديد، إضافة إلى 70 شخصاً، وشهد العالم مولد أول قاطرة بخارية عملية في التاريخ في عام 1829، صممها المهندس البريطاني جورج ستيفنسون George Stephenson وأطلق عليها اسم الصاروخ، واستطاعت أن تجر قطاراً وزنه 6.12 طن بسرعة 39 كم/ساعة، وقد أثبتت قاطرة ستيفنسون أن السكك الحديدية أصبحت مؤهلة لتحمل المحركات البخارية الثقيلة، أحدث ذلك تغييرات أساسية في جغرافية العالم، قلبت المفاهيم الاقتصادية والاجتماعية التي كانت سائدة قبلها، وقد وصفها المؤرخون بأنها "أكبر عمل قامت به الإنسانية في القرن

التاسع عشر"، تتابع إنشاء الخطوط الحديدية بسرعة، فبلغت أطوالها عام 1840 نحو8000 كم في الولايات المتحدة و3000 كم في أوروبا، ووصل في أواخر القرن التاسع عشر إلى 700 ألف كم في العالم، وتبلغ أطوال شبكة الخطوط الحديدية العالمية اليوم أكثر من 1.3مليون كم، أطولها في الولايات المتحدة وروسيا ثم الهند، قد تصل سرعات قطارات الركاب اليوم 350 كم/ساعة (في اليابان وفرنسا وألمانيا)، وبلغت السرعات التجريبية لبعضها 515كم/ساعة (في فرنسا في أيار 1990).

وتجدر الإشارة إلى أن نتائج تحليل مقادير النقل في بلدان العالم وتوزعها على مختلف أنماط النقل تدل بشكل قاطع على أن الخطوط الحديدية هي وسيلة النقل المنتظم والاقتصادي والأمين للمسافات الطويلة والمتوسطة.

أنواع السكك الحديدية:

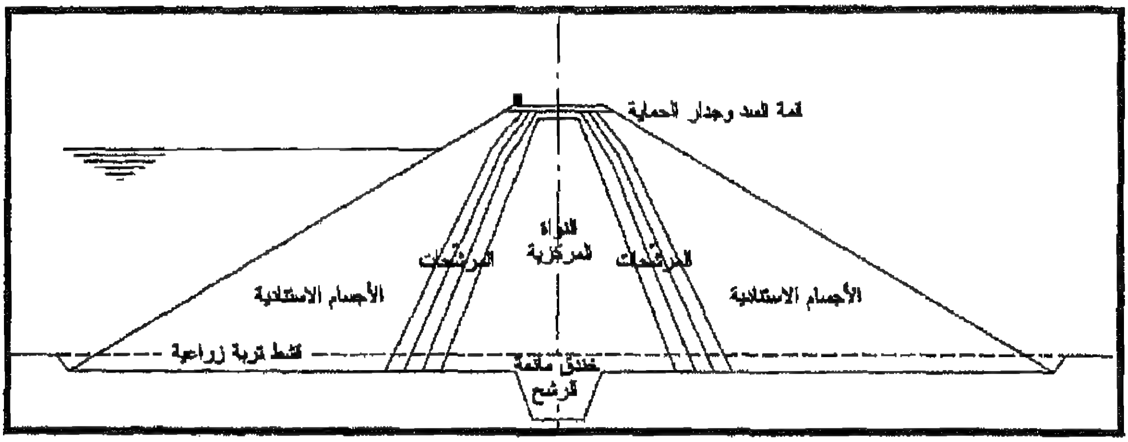
يمكن تصنيف السكك الحديدية بحسب عرض gauge المسافة بين القضيبين الحديديين مقاسة على عمق 14ملم من أعلى هامة القضيب في الأنماط الآتية:

- السكك ذات العرض النظامي (1435 ملم)، وهو العرض الذي استخدمه ستيفنسون (4 أقدام و8.5 بوصة)، ونسبته اليوم 64٪ من مجموع أطوال الخطوط في العالم.
- السكك العريضة، ويبلغ عرضها 1520ملم، كما هي الحال في روسيا الاتحادية، أو 1676ملم كما في إسبانيا والأرجنتين والبرتغال والهند وسيلان، أو 1696 ملم، كما في استراليا والبرازيل.
- السكك الضيقة، وهي ملائمة في الأراضي ذات التضاريس الصعبة، يبلغ عرضها 1076 ملم في اليابان وجنوب أفريقيا، أو 1050 ملم في سورية، أو 1000ملم في البرازيل والأرجنتين، أو 762ملم في الهند.

كما يمكن تصنيف الخطوط الحديدية بحسب طاقة الجر المستخدمة عليها إلى خطوط حديدية بخارية وديزل وكهربائية، وتختلف الأخيرة باختلاف التيار الكهربائي (متناوب أو مستمر)، وتوتره (من 500 فولت حتى 25000 فولت) وتواتره (16.666 أو 50 أو 60 هرتز).

كما يمكن تصنيف الخطوط الحديدية بحسب عدد الخطوط الرئيسة الواصلة بين المحطات في خطوط مفردة، ومزدوجة وثلاثية وأحياناً رباعية ولكنها نادرةٌ.

مكونات السكة الحديدية:



الشكل (1) مكونات السكك الحديدية

تتكون السكة الحديدية (الشكل- 1) من القسم العلوي permanent way والقسم السفلي subgrade أو infra structure، يتكون القسم العلوي من العناصر الآتية:

- القضبان rails: وهي عناصر فولاذية تتحرك عليها دواليب القطارات، وتتصف بالمرونة العالية والقساوة الكبيرة، وهي على أنواع وتأخذ شكلاً قريباً من حرف I.
- العوارض sleepers: وهي عناصر عرضانية تستند عليها القضبان، وتوفر تباعداً ثابتاً بين القضيبين الحديديين، ويمكن أن تكون خشبية أو بيتونية أو معدنية أو مختلطة.

طبقة الحصى ballast: وهي طبقة من الحصويات الناتجة من تكسير الصخور القاسية (البازلت)، وتساعد في إعطاء الخط الحديدي الوضعية النظامية في المستوي الأفقي أو الشاقولي، وتوزع الحمولات بشكل منتظم على القسم السفلي من الخط، وتعطيه المرونة المطلوبة، كما أنها تفيد في تصريف مياه الأمطار عن مكونات القسم العلوي.

- المفاتيح switches: وهي عناصر إنشائية تسمح بالانتقال من خط لآخر من دون حدوث انقطاع في الحركة.
- أدوات التثبيت fastenings: وهي عناصر فولاذية تعمل على تثبيت القضبان الحديدية فوق العوارض.

أما القسم السفلي فهو الجزء السفلي من جسم الخط الذي يستند عليه القسم العلوي، ويشمل الأجزاء المحفورة أو المردومة والأعمال الإنشائية المقامة على الخط (الجسور والأنفاق والعبّارات والجدران الاستنادية).

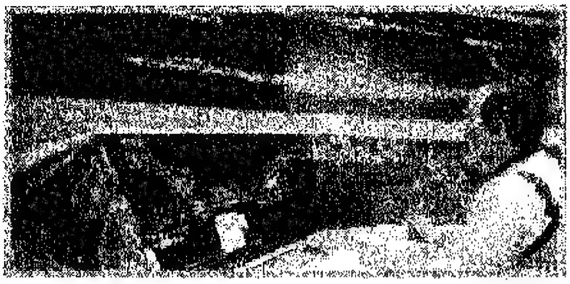
ميزات النقل بالخطوط الحديدية:

يتميز النقل بالخطوط الحديدية بأنه أكثر ملاءمة لنقل الركاب والبضائع بانتظام وبلا انقطاع في مختلف فصول السنة، إذ إن طاقة النقل للخط المفرد تبلغ 25مليون طن سنوياً، كما يمتاز بأنه يمكن أن يتم بسرعات كبيرة بلغت 350 كم/ساعة، وهو أكثر أماناً، فنسبة الإصابات بالنقل السككي أقل بنحو 750 مرة عنها بالسيارات، وبعشرات المرات عنها بالطائرات، إضافة إلى أن النقل بالخطوط الحديدية أقل استهلاكاً للطاقة، إذ يعادل نحو 20٪ من استهلاك السيارات الشاحنة لكل طن كيلومتري، وأخيراً فإن كلفته منخفضة، وهو أقل تلويثاً للبيئة.

التشغيل:

تستخدم في تشغيل القطارات أفضل أنظمة الإشارات والاتصالات المتطورة، ويتابع مراقب الحركة المسؤول جميع النواحي المتعلقة بحركة القطارات وبتغيير

وضعيات المفاتيح والإشارات السامحة أو المانعة للحركة في المنطقة المخصصة له، والتي يراوح طولها عادة بين 150 و800 كم، وتتم حركة القطارات في الإقلاع والوصول وفق مواعيدها المحددة في مخطط سير القطارات.



الشكل (2)

يجلس مراقب الحركة المسؤول أمام لوحة مضيئة مرسوم عليها بيانياً جميع الخطوط الخاضعة له، وفيها أزرار التحكم، كما تظهر مواقع القطارات ومواقع المفاتيح والإشارات على شكل أضواء (الشكل- 2).

اختبارات القضبان الحديدية:

يجب أن يكون فولاذ القضبان خالياً من الفراغات والشوائب والشرانق الغازية والتقشر السطحي وغيرها الناتجة من عيوب التصنيع، وللتحقق من جودة صنع الفولاذ تجرى الاختبارات الضرورية، منها التركيب الكيمياوي ومقاومة الصدم والشد والفحص الصوتي والقساوة وسحب الفولاذ.

استخدامات السكك الحديدية:

تعد السكك الحديدية واسطة النقل الأكثر ملاءمة للنقل الجماعي للركاب والبضائع للمسافات الطويلة والمتوسطة، ويمكن تمييز أنماط النقل السككية الآتية للركاب:

- النقل بالسكك الحديدية المعروفة بين المدن (القطارات) trains railway.
- النقل بالسكك في ضواحي المدن commuter railway.
- النقل الخفيف داخل المدن، فوق أرضي (الترامواي) tramway.
- النقل داخل المدن بقطار الأنفاق (المترو) underground.

- النقل بالقطارات الكهربائية التي تسير على خط حديدي أحادي القضبان داخل المدن (مونوريل) monorail.
- النقل بالقطارات التي تسير على وسادة هوائية فوق القضبان magnetic levitation (maglev).
- النقل بالعربات الهوائية المعلقة على كابل cable railway[1].

تخطيط السكك الحديدية وتنفيذها:

تتعلق مسارات السكك الحديدية بطبوغرافية الأرض الطبيعية، ولما كانت قيم الميول الطولية وأنصاف أقطار المنحنيات الأفقية تحددها سرعة القطارات واستطاعة القاطرات، فإنه يتم اختيار المسارات لتتبع خطوط التسوية ما أمكن، وإلا يلجأ إلى أعمال الحفر والردم والأعمال الإنشائية، مثل الجسور والأنفاق والجدران الاستنادية.

تؤخذ اليوم قيم الميول الطولية الأعظمية 01٪ (أي 1متر شاقولياً لكل 1000متر أفقياً) وذلك للسرعات العالية (أكثر من 160كم/ساعة) ويمكن أن تزيد على هذه القيمة لأسباب تتعلق بتكاليف الإنشاء أو صعوبة التضاريس، أما المنحنيات الأفقية فتكون ذات أنصاف أقطار كبيرة (1000م أو أكثر).

يحضّر القسم السفلي بعناية، وينفذ الردم على طبقات مرصوصة، وتكون الميول العرضية سواء في الردم أو الحفر كافية لاستقرار المنحدرات، وفي حالات معينة، ولتفادي التأثير الضار للمياه، تكسى سفوح المنحدرات بالأعشاب أو ببلاطات حجرية أو بيتونية، وتنفذ خنادق جانبية موازية لمحور السكة لتصريف المياه.

وعندما يزيد ارتفاع الردم على 15 الى18 متراً، يُفضَّل إنشاء الجسور viaduct، وفي حالات الحفر الكبير، يفضل الالتفاف حول الهضاب أو الجبال، وعند الضرورة، تحفر الأنفاق على الرغم من كلفتها العالية.

---

(1) C. J.Riley, The Golden Age of the Passenger Train: From Steam to Diesel and Beyond.(Metro 1997).

تختلف طرائق تمديد السكك الحديدية من بلد لآخر، ويمكن تصنيفها في ثلاث طرائق رئيسة: الطريقة اليدوية وطريقة التمديد الآلية وطريقة التمديد بالسلالم الجاهزة، وهي أحدث الطرق المتبعة في تنفيذ السكك الحديدية، إذ تنقسم ورشات التمديد أربع ورشات هي: ورشة تمديد الخط المؤقت وورشة فرش طبقة الحصى وورشة نزع الخط المؤقت وورشة تمديد الخط النهائي وتسويته ورصه.

المحطات:

المحطة station هي منشأة يتم فيها انطلاق الرحلات أو وصولها أو تبديل وسيلة النقل، سواء للركاب أو للبضائع، توفر محطة الركاب الرئيسة مختلف الخدمات من مكاتب للعاملين وكوات حجز التذاكر والأمانات ومحلات للتسوق وساحة وقوف وخدمة للسيارات وأكشاك لبيع الزهور والمجلات وحمامات ومركز بريد وهاتف، إضافة إلى الخدمات التي تقدم للقطارات، كالتزود بالماء والطعام وتنظيف العربات، ويمكن أن تكون محطات الركاب مشتركة مع محطات وسائط النقل الأخرى (محطة- مطار، محطة- ميناء، محطة مجاورة لمحطة الحافلات)، تضم محطات الشحن مختلف الخدمات للكشف عن القاطرات والعربات وصيانتها وتخزينها وإمكانية إجراء أعمال الفرز والتصنيف للشاحنات[1].

الهيئات الدولية للسكك الحديدية:

- الاتحاد الدولي للسكك الحديدية Union International des (UIC) Chemins de Fer، تأسس عام 1920، ويهتم بوضع التوصيات والمواصفات الفنية وتوحيدها، لتسهيل حركة القطارات بين مختلف الدول.
- اتحاد السكك الأمريكية (AAR)Association of American Railroads، تأسس عام 1934، ويضم مؤسسات السكك الحديدية في الولايات المتحدة وكندا والمكسيك ودول أمريكا اللاتينية، ويهتم بتوحيد سياسة النقل والبحث العلمي والاستثمار والتمويل.

(1) K.WAKO, Railway Electric Power Feeding System, Railway Technology (Japan-Junen 1998).

- الاتحاد الدولي لمؤتمرات السكك الحديدية، تأسس عام 1885، ويُعقد مرة كل أربع سنوات حيث تلقى محاضرات لمشاهير الاختصاصين.
- الاتحاد العربي للسكك الحديدية، ويضم مؤسسات السكك الحديدية والشركات المعنية في الدول العربية، ومقر أمانته العامة في مدينة حلب.

السكك الحديدية في الوطن العربي:

اقتصر إنشاء شبكات السكك الحديدية وتطويرها في الدول العربية، قبل الاستقلال، على شبكات محدودة ومستقلة بعضها عن بعضها الآخر، يخدم كل منها أغراضاً معينة، وتختلف هذه الشبكات من حيث المقاييس والمواصفات مما أدى إلى انخفاض مستوى السعة والوزن المحوري والسرعة، والسبب الرئيسي لهذه السلبيات هو خضوع معظم الدول العربية لسلطات أجنبية أنشأت هذه المرافق لمنفعتها الخاصة عموماً.

وبعد الاستقلال، عملت الدول العربية على صيانة الخطوط القائمة ورفع كفايتها، وعلى زيادة أطوالها عند توافر الأموال اللازمة، إذ إن أحد أهداف التخطيط للسكك الحديدية هو خدمة الاقتصاد الوطني وربط عدد من الدول العربية بعضها ببعضها الآخر عن طريق تأمين شبكة سكك حديدية متكاملة لنقل السلع والأفراد، ومن هذه المشروعات إعادة إنشاء الخط الحديدي الحجازي الذي ربط سورية بالأردن والسعودية، ومشروع ربط سورية بالعراق عن طريق خط دير الزور القائم، ومشروع ربط مصر وليبيا وتونس والجزائر والمغرب بالخط المغاربي.

الشبكة	إجمالي أطوال الخطوط عرض 1435مم بالكيلومتر	إجمالي الخطوط عرض 1000 أو 1050مم بالكيلو متر	الخطوط المزدوجة بالكيلومتر
الأردنية	-	530	-
التونسية	609	1648	18
الجزائرية	3450	1440	168
السورية	1900	315	-
السودانية	-	5000	-
السعودية	560	-	-

العراقية	1130	430	-
المغربية	3380	-	160
المصرية	3900	-	950
اللبنانية	280	90	-
الجدول(1) أطوال شبكات الخطوط العاملة اليوم في الدول العربية			

ويبين الجدول (1) الأطوال الحالية للسكك الحديدية في الدول العربية:

لا يزيد مجموع أطوال شبكة السكك الحديدية في الدول العربية مجتمعة على 24000كم، في حين يبلغ طول شبكة السكك في فرنسا 50000 كم، وفي إنكلترا 45000 كم.

أما المعدات العاملة على الخطوط الحديدية في الدول العربية فتتكون من 1690 قاطرة جر و334 قاطرة مناورة و257 قاطرة عربات ركاب، وتتكون المعدات المجرورة من 4100 عربة ركاب و70 ألف شاحنة نقل للبضائع(1).

السلامة البيئية: Environmental safety

تتكون البيئة الطبيعية من أربعة مكونات أساسية يرتبط بعضها ببعض ارتباطاً وثيقاً وهي الغلاف الجوي، والغلاف المائي، والغلاف الصخري، والغلاف الحيوي، وهذه المجموعة من العناصر الطبيعية تسعى دوماً إلى تحقيق حالة من التوازن عبر تغيرها المستمر، غير أن النشاطات البشرية تؤثر تأثيراً كبيراً في معدّل هذا التغير وكيفيته، إيجاباً في بعض الحالات وسلباً في معظم الحالات، ويدل مصطلح سلامة البيئة environmental safety على الحفاظ على البيئة الطبيعية بعناصرها الأربعة من التأثير السلبي للأنشطة البشرية.

أثر الإنسان في البيئة:

تؤثر النشاطات البشرية في البيئة تأثيراً كبيراً، ويعد النشاط السكاني أصل جميع المشكلات البيئية في العالم تقريباً، فمع زيادة عدد سكان الأرض يزداد

(1) الموسوعة العربية، هاجم الوادي، جوزيف صيدناوي، المجلد الحادي عشر، ص24، (بتصرف).

توليد النفايات ومن ثم يزداد التلوث، ويزداد تدمير المواطن البيئية، ويزداد استغلال الموارد الطبيعية ونضوبها، ويتوقع قسم السكان في منظمة الأمم المتحدة أن يزداد عدد سكان الأرض من 6.23 مليار نسمة عام 2000 ليبلغ 8.47 مليار نسمة عام 2025، وليصل إلى قيمة عظمى مقدارها 11.6 مليار نسمة عام 2200 قبل أن يستقر، وعلى الرغم من أن معدل النمو السكاني في الدول المتطورة هو أقل منه في الدول النامية، فمن الخطأ الفرض أن مشكلة التلوث البيئي تعود أساساً إلى الدول النامية، ولما كان معدل استخدام الفرد الواحد للموارد الطبيعية هو أعلى في الدول المتطورة منه في الدول النامية، فإن لكل فرد في الدول المتطورة تأثيراً أكبر في البيئة من مثيله في الدول النامية.

ومن أهم الآثار السلبية للنشاطات البشرية في البيئة هي تلوث الهواء والمياه والأرض، ونضوب الموارد الطبيعية، وحدوث الدفيئة الكونية، ونضوب طبقة الأوزون[1].

ينشأ تلوث الهواء على نحو أساسي من إحراق الوقود لإنتاج الطاقة، ومن عوادم وسائل النقل التي تعمل على البنزين أو المازوت أو الكيروسين، ولتلوث الهواء آثار كبيرة في صحة الإنسان أهمها تزايد حدوث الإصابات بالالتهابات القصبية والرئوية والسرطانات، أما تلوث المياه فينشأ أساساً من عدم التخلص من الفضلات والنفايات بأساليب صحيحة كطرح مياه المجاري وفضلات المصانع في البحيرات والأنهار دون معالجة، كما يمكن أن ينشأ عن تلوث المياه الجوفية بالمبيدات المختلفة والأسمدة، ويؤدي تلوث المياه إلى تأثيرات خطيرة على الحياة البيولوجية وحياة الإنسان، وتشير التقديرات إلى أن نحو خمسة ملايين شخص يموتون سنوياً من أمراض منقولة عن طريق المياه الملوثة، كذلك فإنّ الاستخراج الجائر للمياه الجوفية بطاقة تزيد على معدّل تجددها الطبيعي يؤدي إلى نضوبها على المدى البعيد، ويعد

(1) REBECCA L. JOHNSON, The Greenhouse Effect: Life on a Warmer Planet (Lerner, 1990-1994).

التوسع في الزراعة المروية المعتمدة على المياه الجوفية بغية زيادة الإنتاج الزراعي، أكبر عامل يؤدي إلى استنزاف المياه الجوفية في الدول العربية[1].

يسبب طرح الفضلات الصلبة المنزلية وتلك الناتجة من المباني التجارية والمواقع الصناعية مشكلة بيئية خطيرة هي تلوث التربة، كذلك فإنّ الاستخدام غير الملائم للأراضي الزراعية، كاستعمال أساليب غير مناسبة في الري وعدم توفير أنظمة صرف مناسبة، وبالاستعمال الزائد للأسمدة والمبيدات بغية زيادة الإنتاجية، والرعي الجائر الذي يزيل الغطاء النباتي ويترك الأرض عرضة للتعرية، يؤدي إلى عواقب خطيرة منها خروج الأراضي من إمكانية الاستثمار الفعلي نتيجة التصحر أو التملح، وتلوثها الذي يمكن أن ينتقل إلى الغذاء ويهدد صحة الإنسان والحيوان.

أدّى ازدياد إطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو في القرن العشرين خاصة بسبب حرق الوقود الأحفوري من الفحم والنفط ومشتقاته إلى حدوث ظاهرة الدفيئة الكونية، فقد ارتفعت درجة حرارة الأرض بمعدل درجة مئوية واحدة، واستنتج علماء الجو أن نصف هذه الزيادة على الأقل تعود إلى النشاطات البشرية، وأنه ما لم تتخذ إجراءات كبيرة لمعالجة هذه المشكلة، فإن حرارة الجو ستستمر في الارتفاع بمقدار يراوح بين درجة مئوية واحدة إلى ثلاث درجات في القرن الحادي والعشرين، ويمكن أن تؤدي هذه الزيادة القليلة في درجة الحرارة إلى عواقب وخيمة ومدمرة، فقد ترتفع مناسيب مياه البحار بسبب ذوبان جليد القطبين لتغمر الكثير من المناطق المنخفضة والمدن الساحلية، وقد تنقرض مئات الأنواع الحيوانية والنباتية، ويزداد معدل حدوث الأعاصير والفيضانات وفترات الجفاف[2].

استنتج العلماء في عام 1970 أن طبقة الأوزون التي تحجب أشعة الشمس فوق البنفسجية المؤذية عن الأرض، تتعرض إلى بعض المواد الكيميائية التي تستخدم في البرادات وأجهزة التكييف وغيرها مما يؤدي إلى نضوبها، إن عواقب نضوب

(1) MARY HOFF, & MARY M. RODGERS. Our Endangered Planet: Groundwater (Lerner, 1991).

(2) GARY CHANDLER & KEVIN GRAHAM, Protecting Our Air, Land, and Water. (Twenty-First Century 1996).

طبقة الأوزون وخيمة، وزيادة الأشعة فوق البنفسجية ستؤدي إلى زيادة عدد حالات سرطان الجلد، وستضعف قدرة نظام المناعة عند الإنسان، وغير ذلك من أضرار.

المعايير الأساسية للسلامة البيئية:

تدخل في المعايير الأساسية للسلامة البيئية، مجموعة القوانين والنظم والإجراءات التي تكفل استمرار توازن البيئة، وتكاملها الإنمائي، وتضمن المحافظة على بيئة سليمة صالحة للاستفادة من الموارد الطبيعية على خير وجه، ولما كانت البيئة ذات طابع محلي وعالمي في الوقت نفسه، فإن قوانين البيئة المحلية لابد وأن تتكامل مع قوانين البيئة العالمية التي تتجسد بالمعاهدات والاتفاقيات الدولية التي تولي عناية خاصة لمعالجة المسائل البيئية الكبرى ذات الطابع العالمي مثل حماية طبقة الأوزون، وحماية البيئة البحرية، والحماية من نقل النفايات الخطرة، وغيرها.

قواعد ضمان السلامة البيئية:

إن سن القوانين البيئية ووضع الشروط والمعايير لا يكفل بالضرورة السلامة البيئية، وإنما يجب أن يكون ذلك ضمن منظومة متكاملة من التطوير القانوني والمؤسساتي والفني تبدأ بتعريف المجتمع بأهمية السياسات المناسبة والاستراتيجيات والقوانين الناظمة لحماية سلامة البيئة، يرافقها تأهيل الإطار المؤسساتي الذي يُمكن من خلاله تطبيق السياسات والاستراتيجيات والقوانين، ثم توفير القدرات الفنية التي تتطلبها عملية التخطيط والمراقبة والإلزام.

فسن التشريعات ووضع الأنظمة والمعايير لا يكون مجدياً إلا في ظل توافر آلية للمراقبة والإلزام بها، ومعاقبة المخالفين، كذلك لابد من توافر قدرات مخبرية مؤهلة قادرة على إجراء مختلف الاختبارات البيئية التي تتطلبها عملية المراقبة الدورية والإلزام.

ولابد من أن يواكب وضع الأنظمة وسن التشريعات تحفيز المواطنين للعمل فردياً وجماعياً في حل المشكلات البيئية الراهنة والمقبلة(1).

(1) الموسوعة العربية، وائل معلا، ريم عبد ربه، المجلد الحادي عشر، ص63، (بتصرف).

حرف الشين

شبكات توزيع المياه: Water distribution networks

شبكة توزيع المياه water distribution network مجموعة كبيرة من الأنابيب المتشعبة، تبدأ عند طرفها العلوي (طرف المنبع) upstream من خزان تجميع المياه الرئيسي أو محطة التنقية، وتنتهي عند طرفها السفلي downstream بنقاط الاستهلاك التي هي وصلات خدمة المشتركين (المستهلكين) في حالة شبكات توزيع مياه المدن، أو المناهل الحقلية في حالة شبكات الري.

تتألف شبكة توزيع المياه في المدن عموماً من ثلاثة أنواع من الأنابيب وفق وظيفتها:

- خطوط النقل أو الجر transmission lines التي تنقل المياه من خزانات التجميع الرئيسية (أو محطة التنقية) إلى منظومة التوزيع، و
- أنابيب التوزيع الرئيسية distribution mains التي تنقل المياه عبر أنابيب النقل وتوزعها في أنحاء المدينة، و
- أنابيب الخدمة service pipes المتشعبة عن أنابيب التوزيع وتنقل المياه منها إلى مواقع الاستهلاك من مبان ومنشآت صناعية وغيرها.

لمحة تاريخية:

إن تاريخ إمداد المياه وتوزيعها قديم قدم تاريخ الحضارة الإنسانية، فقد نشأت الحضارات المبكرة كلها على ضفاف الأنهار، كنهر الفرات

ونهر دجلة ونهر النيل، كذلك نشأت منذ القدم وسائل لنقل المياه وتوزيعها لأغراض الإمداد بمياه الشرب ولأغراض الري، وعرف عن سكان بلاد الرافدين والمصريين القدماء قبل نحو 2000 عام من الميلاد، تنفيذ مشروعات لجر المياه وتوزيعها، وخاصة لأغراض الري، وإنشاء نظم من السدود والقنوات لتخزين مياه الفيضانات واستخدامها في مواسم الجفاف، أنشئت كذلك منذ القدم نواقل صناعية لنقل المياه إلى مناطق بعيدة عن مصادرها، ومازالت هناك بقايا منظومات قنوات مائية رائعة بناها الفينيقيون في سورية تتضمن أنفاقاً في الصخور ونواقل فوق الوديان، وقد زودت مدينة القدس بالمياه منذ أكثر من 3000 عام بوساطة قناتين، يتجاوز طول أحداهما 30 كيلومتراً وتقطع وادي حنون فوق قناطر، وفي تدمر شبكة توزيع مياه في أنابيب من الفخار أو الحجارة المحفورة، وكذلك كان يجري توزيع المياه في دمشق القديمة في أقنية تدخل كل بيت من بيوتها وحماماتها.

ومنذ أكثر من 2000 عام، كان لمدينة روما نظام إمداد متطور بالمياه، وكانت المياه تجمع من مصادر عديدة في خزان كبير، ثم تنقل عبر قنوات أو نواقل تحت الضغط إلى خزانات توزيع، مُدّت فيها منظومة توزيع شاملة على الطرقات تتضمن سبلاناً (ج سبيل) fountains عديدة، وقد استخدم في بناء منظومة التوزيع ضمن المدينة نواقل ضغط مصنوعة من مواد مختلفة، وذلك وفقاً للضغوط التي توجب على النواقل تحملها، وكان الرصاص والفخار أكثر المواد شيوعاً، غير أنه استخدمت كذلك أنابيب من النحاس والبرونز والحجر المحفور أيضاً.

وينسب لمدينة بوسطن في ولاية ماساشوسيتس الأمريكية أول منظومة عامة مسجلة عام 1652 لتوزيع مياه الشرب، ومع حلول عام 1800 كان هناك فقط ست عشرة منظومة عامة لتوزيع المياه في الولايات المتحدة،

وكان معظمها يقع في منطقة نيو إنغلند أو في المدن الكبيرة المحاذية للمحيط الأطلسي.

وظيفة شبكة توزيع المياه في المناطق الحضرية:

تهدف شبكة توزيع المياه في المدينة إلى نقل المياه الصالحة للشرب من خزان التجميع أو محطة التنقية، وتوزيعها في أنحاء المدينة تحت ضغط كافٍ لاستخدامها في الأغراض المختلفة، كالاستعمالات المنزلية من شرب وطهو وغسيل واستحمام، أو الاستعمالات الصناعية أو مقاومة الحرائق، وتصمم شبكة الأنابيب بحيث توفر كميات كافية من المياه في حالات الاستخدام الاعتيادية وفي الحالات الاستثنائية الطارئة، كحدوث حريق أو أكثر في المدينة، على سبيل المثال، كما يجب أن تحقق الشبكة متطلبات تقلبات الاستهلاك اليومية والموسمية[1].

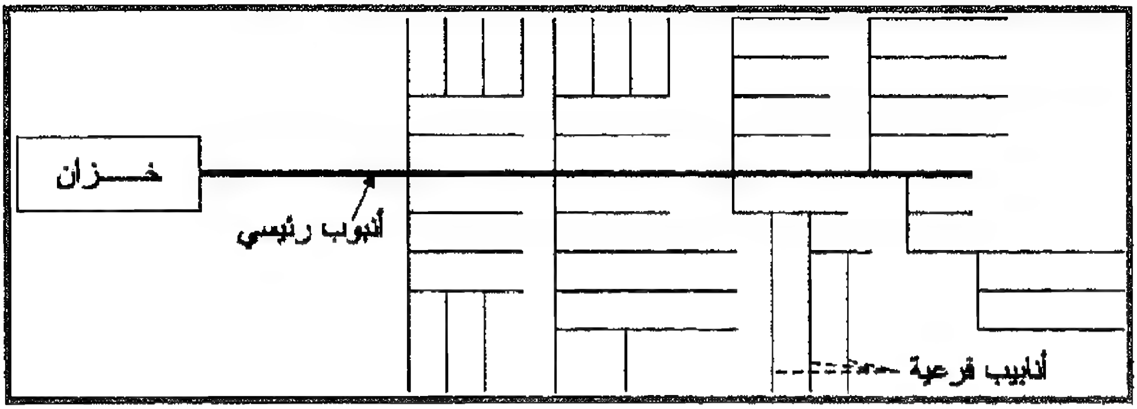
أنواع الشبكات:

تصنف شبكات توزيع المياه وفق طريقة تخطيطها صنفين: شبكات شجرية tree network وشبكات حلقية loop network، ويكون لشبكات توزيع المياه الشجرية الشكل العام المبين في (الشكل 1)، وتتألف عادة من أنبوب جر رئيسي يخرج من خزان التجميع ويتناقص قطره كلما ابتعد عن الأصل، وتتفرع عنه أنابيب التوزيع التي تمتد في شوارع المدينة.

ولا تشكل الأنابيب في هذا النوع من الشبكات فيما بينها أي حلقة مغلقة، والشبكات الشجرية نادرة الاستعمال في المناطق الحضرية على الرغم من كلفتها القليلة نسبياً، باستثناء بعض القرى الصغيرة، لما لها من مساوئ عديدة، وأهمها حرمان المدينة بأكملها من المياه عند حدوث كسر

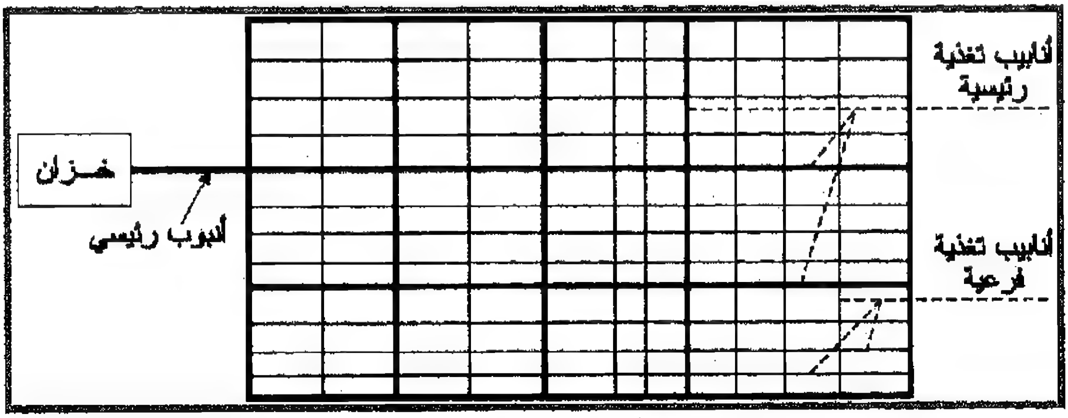
(1) P.R.BHAVE, Analysis of Flow in Water Distribution Networks (Technomic Publishing Company, Inc 1991).

في أجزاء متقدمة من الشبكة، وكذلك وجود العديد من الأنابيب ذات النهايات الميتة، الأمر الذي يؤدي إلى ركود المياه فيها وتردي نوعيتها، وتستخدم الشبكات الشجرية على نطاق واسع في أعمال الري[1].



الشكل (1) شبكة مياه شجرية

أما الشبكات الحلقية (الشكل 2)، فتتألف عادة من أنابيب رئيسية تحيط بالمدينة، وتخترق شوارعها الكبيرة مشكلة فيما بينها حلقات مغلقة، تتشعب عن هذه الأنابيب أنابيب فرعية تمتد في شوارع المدينة الثانوية مشكلة أيضاً حلقات مغلقة، ويتميز هذا النوع من الشبكات من الشبكات الشجرية على الرغم من كلفته العالية نسبياً بأنه أكثر وثوقية، فهي توفر أضمن الطرائق لإمداد المدينة بالمياه دون توقف أو انقطاع.



الشكل (2) شبكة مياه حلقية

(1) وائل معلا، نمذجة انتشار العناصر غير المحافظة في شبكات توزيع مياه الشرب (مجلة جامعة دمشق، المجلد الثامن عشر، "العدد 1" 2002).

الحمل المطبق على الشبكة:

يطلق على كمية المياه التي يتوجب على الشبكة توفيرها، تحت ضغط كاف عند نقطة ما من نقاط الاستهلاك، بالحمل المطبق على الشبكة عند هذه النقطة، وعند تصميم شبكة توزيع المياه في المدينة واختيار أقطار أنابيبها، يقدر الحمل المطبق على الشبكة وفقاً لطبيعة المستهلكين فيها وتوزعهم وعددهم، ففيما يتعلق بالاستعمالات المنزلية للشرب والغسيل والاستحمام وغيرها، يقدر الحمل المطبق على الشبكة عند نقطة الاستهلاك وفقاً لعدد الأفراد الواجب تخديمهم عند هذه النقطة، والاستهلاك الوسطي للفرد، ويراوح الاستهلاك الوسطي العالمي للفرد عادة في المناطق الحضرية من 75 إلى 300 لتر في اليوم، وذلك وفقاً للشروط المعيشية والبيئية للمستهلك، أما الاستعمالات التجارية والصناعية فتقدر وفقاً لطبيعة المنشأة المخدّمة.

لا يبقى الحمل المطبق على الشبكة ثابتاً طول الوقت، وإنما يتقلب من ساعة إلى أخرى في اليوم، ومن يوم إلى آخر في الأسبوع، ومن شهر إلى آخر في السنة، وفيما يتصل بالاستعمالات المنزلية، تحدث ساعات الذروة في الصباح وفي وقت ما بعد الظهر، وقد تصل إلى ضعف الاستهلاك الوسطي اليومي، ويكون الاستهلاك في أدنى مستوى له عند منتصف الليل تقريباً، كذلك قد يزيد الاستهلاك في موسم الحر على الاستهلاك الوسطي بمقدار 20٪[1].

أنواع الأنابيب المستخدمة في شبكات توزيع المياه:

تستخدم في شبكات توزيع المياه في المدن أنابيب مصنوعة من مواد مختلفة، كالحديد الزهر (الفونت) والحديد الصب والفولاذ والأسبستوس (الأمينت) والبلاستيك وغيرها، وتعد الأنابيب المصنعة من الفونت أكثر الأنابيب استعمالاً في شبكات توزيع المياه في المدن لمتانتها وطول مدة

(1) وائل معلا، دراسة عن الطرق المستخدمة في حساب شبكات الأنابيب بمعونة الحاسب (مجلة جامعة دمشق، المجلد 6، "العدد 21" 1990).

استعمالها، أما الأنابيب الفولاذية فتمتاز من غيرها من الأنابيب بسهولة النقل والتركيب وتحملها لضغوط داخلية عالية، غير أن مساوئها الرئيسية تكمن في عدم قدرتها على تحمل ضغوط خارجية كبيرة وضعف مقاومتها للتآكل بفعل التربة والماء، تصنع أنابيب الأسبستوس من الإسمنت البورتلاندي وألياف الأسبستوس، وتتميز بمقاومتها للتآكل ونعومة ملمسها وتحملها لضغوط داخلية وخارجية كبيرة، وسهولة قطعها ووصلها، وعلى الرغم من القلق الذي أبدي مؤخراً من مخاطر استخدام الأسبستوس في أنظمة توزيع المياه العامة، فما زال هناك ما يزيد على مليوني كيلومتر من هذه الأنابيب مستخدماً في أنحاء عديدة من العالم، وقد انتشر مؤخراً في شبكات توزيع المياه في المدن استخدام الأنابيب البلاستيكية، ومنها الأنابيب المصنوعة من الـ (polyvinyl chloride PVC) والتي تتميز بسهولة تمديدها ورخص ثمنها مقارنة بالأنواع الأخرى من الأنابيب، غير أن أداءها على المدى البعيد ما زال غير مؤكد.

الملحقات والتجهيزات التي تتضمنها شبكة توزيع المياه:

تتضمن شبكات توزيع المياه في المدن، إضافة إلى الأنابيب، العديد من الملحقات، كالأكواع التي تركب على الأنابيب لدى تغيير اتجاهها، والتفريعات التي تركب على الأنابيب، ووصلات التمدد التي توفر للأنابيب حماية من عوامل التمدد والتقلص، كذلك تحتوي الشبكة على العديد من التجهيزات، كصمامات العزل التي تتحكم في سير المياه في الشبكة وقطع المياه عن المناطق التي يجرى إصلاحها، وصمامات عدم الرجوع التي تسمح بالجريان باتجاه واحد فقط، وصمامات الهواء التي تؤمن طرد الهواء المتجمع عند النقاط المرتفعة من الشبكة، وتوضع في الشبكة صمامات تخفيف الضغط التي تخفض الضغط في المواقع المنخفضة من الشبكة، فلا يشكل ارتفاع الضغط فيها خطراً على الأنابيب ووصلاتها، وصمامات الغسل التي

توضع في المناطق المنخفضة من الشبكة لتفريغ الأنابيب وتنظيفها عند الحاجة، وفوهات الحريق التي توضع في الشبكة على مسافات معينة تحسباً لوقوع الحرائق، وعدادات المياه لقياس كمية المياه الجارية سواء في الأنابيب الرئيسية أو الفرعية أو عند الوصلات المنزلية للمستهلكين.

مبدأ حساب شبكات توزيع المياه:

يقوم مبدأ حساب شبكات توزيع المياه (تحت حمل معين) على تطبيق معادلتين أساسيتين من معادلات علم ميكانيك السوائل، وهما معادلة الاستمرار المبنية على مبدأ انحفاظ الكتلة، ومعادلة الطاقة، ويكون ناتج حساب الشبكة مقدار الغزارة الجارية في كل أنبوب من أنابيبها ومقدار الضغط عند كل نقطة من نقاطها الرئيسية، ولما كان تطبيق معادلة الاستمرار عند كل نقطة رئيسية من نقاط الشبكة، وتطبيق معادلة الطاقة في كل أنبوب من أنابيبها سيؤدي إلى الحصول على عدد كبير جداً من المعادلات التي يتوجب حلها آنياً، فإنه يتعذر القيام بحساب شبكات الأنابيب يدوياً إلا للشبكات الصغيرة التي تتضمن عدداً قليلاً من الأنابيب، ولابد، من استخدام الحواسيب عند تصميم شبكات توزيع المياه الكبيرة، ويجب ألا يقتصر حساب شبكات توزيع المياه على الحالة الساكنة أو الستاتيكية فقط، وإنما يجب أن يتعداه ليشمل الحالة الديناميكية أيضاً، التي تدخل في حسابها تقلبات الاستهلاك اليومية، والشروط التشغيلية التي يمكن أن تطرأ في اليوم، كإقلاع المضخات وتوقفها، أو دخول مصادر جديدة في إمداد الشبكة بالمياه أو خروجها وغيرها.

وقد أصبح من الشائع مؤخراً دراسة المتغيرات النوعية للمياه في الشبكة، لا دراسة الكمية فقط، وتهدف دراسة نوعية المياه في الشبكة إلى تحديد تركيز كل عنصر من العناصر المنحلة في المياه في جميع أنحاء الشبكة، وتغير هذا التركيز بدلالة الزمن، كما تهدف إلى تحديد مواقع

الشبكة التي تتغذى من كل مصدر مائي من مصادر تغذية الشبكة ونسبة تغذيتها من هذا المصدر، وكذلك حساب عمر المياه في مختلف أنحاء الشبكة للتعرف على مناطق الشبكة التي تبقى المياه فيها مدة طويلة (مياه راكدة) والتي يمكن أن تتردى فيها نوعيتها[1].

(1) الموسوعة العربية، وائل معلا، المجلد الحادي عشر، ص561، (بتصرف).

حرف الصاد

الصرف الصحي (شبكات-) : Sewage disposal

مياه الصرف wastewater ، هي المياه التي استعملت في أغراض مختلفة وتغيرت مواصفاتها الفيزيائية والكيمياوية والجرثومية وأصبحت ملوثة ، ولابد من جمعها وصرفها بشكل صحي ومعالجتها لتخفيف الأضرار الناتجة منها ، وحسب مجالات استعمال المياه وطبيعة المواد العالقة فيها يمكن تحديد ثلاثة مصادر لها ، وهي:

- مياه الصرف المنزلية:

وتنتج من المرافق الصحية الموجودة في المباني السكنية والمباني العامة ، وتحتوي على المخلفات البشرية وبقايا الصابون والسكر والأملاح وبقايا الأطعمة.

- مياه الصرف الصناعية:

وتنتج من استعمال المياه في الصناعات المختلفة للأغراض الإنتاجية ، وتختلف كميتها ونوعيتها حسب نوعية الصناعة والمواد المنتجة.

- مياه الأمطار:

وهي الأمطار الهاطلة على أسطح المباني والشوارع والساحات ، وهي ذات تدفق غير منتظم وتحمل معها كل ما تجرفه من سطوح المباني والطرقات.

لمحة تاريخية:

بدأت مشكلة مياه الصرف الصحي sewage disposal، مع وصول التخديم المائي إلى الدورات الصحية التي كانت تقام بعيداً عن المنازل السكنية، وفي البداية أنشأ الإنسان أحواضاً مطمورة صماء لتجميع المياه القذرة، ثم انتقلت دورات المياه إلى داخل المنازل، وصارت حفر التجميع تستقبل مياه الشطف والغسيل والجلي والحمّامات ودورات المياه.

ومع تطور المجتمعات البشرية وإقامة المدن، بدأ التفكير بتجميع مياه الصرف من الأبنية لجرها عبر أقنية مطمورة أو شبكات من الأنابيب إلى خارج حدود المدينة (أقرب نهر أو بحيرة أو أقرب شاطئ بحري)، وقد عرفت مدينة لندن أقدم شبكة صرف صحي عامة في أوروبا، ثم انتقلت الفكرة عن طريق نابليون الثالث إلى مدينة باريس لتنتشر بعد ذلك في مدن أوروبية كثيرة، وليفرض فيما بعد على جميع مالكي الأبنية ضرورة ربط شبكات الصرف لديهم بقنوات مطمورة إلى شبكة الصرف العامة.

أدى ازدياد طرح كميات مياه الصرف في الأحواض المائية إلى تفاقم مشكلات تلوث المياه، مما حتّم معالجة هذه المياه قبل طرحها إلى الأحواض المائية، وقد بدأت فكرة معالجة مياه الصرف الصحي باستخدام طرائق ميكانيكية، كالترقيد لإزالة العوالق الكبيرة، ثم استخدام المصافي الخشبية والمعدنية، ثم استخدام المرشحات الرملية البطيئة القابلة للغسيل العكسي، أما فكرة المعالجة البيولوجية فقد ظهرت بعد مدة طويلة من استخدام مياه الصرف الخام في ري المزروعات، وقد بدأ الباحثون باستخدام هذه الفكرة لتصفية مياه الصرف الصحي عبر الأراضي الرملية، وظهر المرشح البيولوجي biologica filter بعد معرفة دور البكتريا في هدم المادة العضوية، ثم ظهرت طرائق جديدة في المعالجة، كنظام القرص البيولوجي الدوار والمفاعلات البيولوجية المختلفة bioreactors وغيرها، وقد حقق الباحثان الإنكليزيان وليام لوكيت William Lockett وإدوارد أرديرن Edward Ardern ثورة علمية في مجال معالجة مياه الصرف عام 1914

باكتشافهما طريقة الحمأة المنشطة activated sludge، والتي يقصد بها معالجة مياه الصرف الصحي بوساطة الندف المنشطة، وتعد هذه الطريقة بمنزلة تنقية ذاتية منشطة اصطناعياً، إذ إن العمليات التي تجري فيها هي نفسها التي تجري في المجاري المائية الطبيعية كالأنهار والبحيرات، وتتم معالجة المخلفات السائلة بطريقة الحمأة المنشطة عن طريق تهوية وتقليب هذه المخلفات في أحواض خاصة تدعى أحواض التهوية، وينتج من ذلك امتصاص الخليط للأوكسجين من الهواء، واستعمال البكتريا الهوائية وكائنات دقيقة أخرى هذا الأوكسجين في تثبيت المواد العضوية العالقة والذائبة وتحويلها إلى مواد غير قابلة للتحلل، كما يؤدي التقليب المستمر للخليط إلى ترويب المواد العالقة الدقيقة coagulation، أي تجميع هذه المواد وتلاصقها إلى حبيبات أكبر flocs يسهل ترسيبها في أحواض الترسيب النهائي.

وكان العالم الألماني إمهوف Imhoff أول من طور حوض التخمير المقترح لمعالجة الحمأة بإنشائه حوضه المعروف باسمه، والمكون من حوضين، العلوي منه يقوم بدور الترقيد، أما السفلي فيقوم بدور غرفة تخمير للحمأة المتجمعة[1].

شبكات الصرف الصحي:

تقسم شبكات الصرف الصحي إلى نوعين:

- الشبكات الداخلية: تبدأ من الأجهزة الصحية الموزعة في المبنى وتنتهي عند نقطة التقائها مع الشبكة الخارجية.
- الشبكات الخارجية: هي مجموعة الأنابيب والمنشآت الملحقة بها، وتجمع المياه الملوثة من مصادرها وتنقلها بانتظام إلى خارج حدود المنطقة السكنية، حيث يتم معالجتها وصرفها إلى المصب النهائي، والذي غالباً ما يكون نهراً أو بحراً أو وادياً.

تقسم شبكات الصرف الصحي الخارجية حسب نظام الصرف المعتمد،

---

(1) إيمهوف، الوجيز في الصرف الصحي في المدن، ترجمة غسان حداد وجورج زهر (المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر 2001).

والذي يتعلق بنوعية المياه المصروفة وتركيبها إلى نوعين رئيسين:

- الشبكة المشتركة: وتصرف إليها المياه المنزلية والصناعية والمطرية، وتعرف بالشبكة العامة، وهي أوفر من الناحية الاقتصادية.
- الشبكة المنفصلة: تصرف المياه المنزلية في شبكة خاصة بها وتسمى الشبكة المنزلية، في حين تصرف مياه الأمطار في شبكة أخرى تسمى الشبكة المطرية، أما المياه الصناعية، إن وجدت، فإما أن تصرف بشبكة خاصة أو تجمع مع المياه المنزلية وذلك حسب تركيبها.

يعد هذا النوع من الشبكات أفضل من الناحية الفنية إلا أنه أكثر كلفة، ويتم اختيار النظام الملائم وفقاً للشروط الصحية والاقتصادية والفنية المحلية.

مراحل دراسة شبكة صرف صحي خارجية:

تمر دراسة شبكات الصرف الصحي في المدن بالمراحل الآتية:

- إعداد مخطط تنظيمي للمنطقة المدروسة بمقياس 1/2000- 1/5000 مبيّناً عليه المناطق السكنية والصناعية والمباني العامة والشوارع والطرقات والحدائق وغيرها، وكذلك مناطق التوسع المستقبلي الذي يقدر بثلاثين سنة أو أكثر، كذلك لابد من توفير المخطط الطبوغرافي الذي يساعد على تخطيط الشبكة.
- تحديد عدد السكان الحالي والمستقبلي، أي بعد ثلاثين عاماً أو أكثر، وهذه المدة تعرف بالمدة التصميمية للمشروع.
- دراسة الأحوال المناخية في المنطقة (درجة الحرارة واتجاه الرياح والعواصف المطرية وغيرها).
- تحديد التصريف في نهاية المدة التصميمية، وذلك بحسب نظام الصرف المعتمد، إذ يحدد التصريف المنزلي استناداً إلى عدد السكان التصميمي ومعدل الصرف اليومي للفرد الواحد، ويؤخذ عادة كنسبة مئوية من معدل الاستهلاك اليومي لمياه الشرب (70- 90٪)، أما التصريف المطري فيحدد استناداً إلى العواصف المطرية الخاصة بالمنطقة.

- تخطيط الشبكة: يتم اختيار مسارات الخطوط الفرعية والثانوية والرئيسية والمجمع العام ضمن الشوارع والطرقات، مع الأخذ في الحسبان ميول الأرض الطبيعية بحيث يكون الجريان ضمن الشبكة بالإسالة الطبيعية.
- الحساب الهيدروليكي، ويشمل تحديد ما يأتي:
- أنواع الأنابيب وأقطارها: يمكن استخدام الأنابيب بمختلف أنواعها الخزفية والإسمنتية الأميانتية (الإترنيت) والحديد الصب (الفونت) والحديد الأسود واللدائنية والإسمنتية العادية والمسلحة، وتفضل الأخيرة لسهولة تصنيعها ورخص أسعارها مقارنة مع غيرها، وتفضل الأنابيب ذات المقطع الدائري حيث لا يقل قطرها عن 250مم لتخفيف عمليات الصيانة.
- سرعة الجريان: يجب ألا تقل عن 0.7م/ثانية منعاً من ترسب المواد العالقة في الأنابيب، وألا تزيد على 3م/ثا منعاً من اهتراء الجدران الداخلية للأنابيب.
- ميل قاع الأنبوب: يتم اختيار الميل الطولي الذي يحقق سرعة الجريان المطلوبة.
- نسبة الملء: تختلف نسبة الملء بحسب نظام الصرف، ففي الشبكات المشتركة يفضل ألا تقل عن 0.8، وتؤخذ في الشبكات المنفصلة 0.6- 0.7.
- عمق تمديد الأنبوب: يفضل ألا يقل عن 1.5م تحت سطح الأرض وألا يزيد على 7- 8م[1].

المنشآت الملحقة بشبكات الصرف الصحي الخارجية:

تتألف المنشآت الملحقة بشبكات الصرف الصحي مما يأتي:

- غرف التفتيش:

تبنى غرف التفتيش المحكمة على طول خطوط الشبكة لمراقبة عملها وإصلاحها عند اللزوم وتنظيفها في حال انسدادها، ويمكن أن تكون ذات مقطع مربع أو مستطيل أو دائري، وتبنى عادة من الإسمنت العادي أو المسلح، ويختلف عمقها حسب موقعها من الشبكة، ويجب أن تكون ذات أبعاد كافية بحيث تسهل أعمال الصيانة من خلالها.

- البلاليع المطرية:

(1) محمد علي فرج، الهندسة الصحية (منشأة المعارف، الإسكندرية 1977).

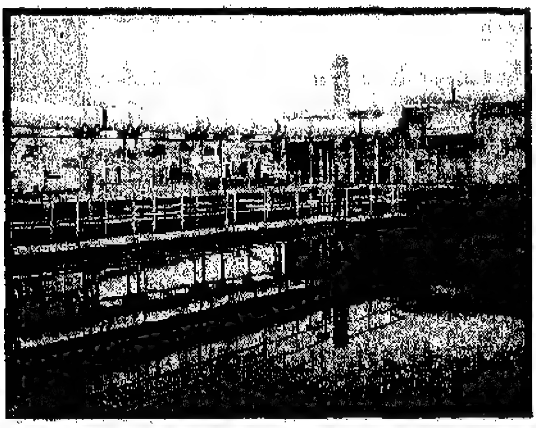
توضع في كل النقاط المنخفضة قرب الرصيف وعند التقاطعات وذلك حسب ميول الشارع، بغية إيصال مياه الأمطار ومياه الغسيل المتجمعة من الشوارع إلى شبكة الصرف الصحي.

- أحواض الدفق:

تنشأ هذه الأحواض لغسيل الأنابيب التي تمدّد بميول صغيرة أقل من الحد الأدنى، والتي تنشأ فيها نتيجة لذلك سرعة جريان صغيرة، فتترسب المواد العالقة بالمياه.

يضاف إلى ذلك منشآت أخرى كالمثاعب السيفونات (Siphons)، وأجهزة قياس التصريف، وفواصل الزيوت والشحوم وغيرها، ومن الملاحظ أن غرف التفتيش من المنشآت الأساسية في شبكات الصرف الصحي الخارجية، إذ لا يمكن أن تخلو الشبكة منها مهما كان نوعها ونظام الصرف فيها، أما بقية المنشآت فقد لا تكون ضرورية في جميع مشروعات الصرف[1].

معالجة مياه الصرف الصحي:



محطة لمعالجة مياه الصرف الصحي

خزان ترسيب أولي فارغ

تعد مياه الصرف الصحي أحد أخطر مصادر تلوث البيئة عموماً والموارد المائية خصوصاً، وذلك عندما تطرح من دون معالجة في الأنهار والبحيرات والبحار، ولا يقتصر هذا التلوث على انتشار الأمراض والأوبئة، بل يؤثر أيضاً في الثروة

(1) أنظر أيضاً: أحمد فيصل أصفري، تصميم محطات معالجة مياه المجاري (سلسلة علوم البيئة، الشركة العربية لمعالجة المياه 1991).

الزراعية والحيوانية والسمكية، كما يؤثر أيضاً في الناحية السياحية للمنطقة الملوثة، وكل ذلك له تأثير سلبي في الدخل القومي واقتصاد البلد، وتلافياً لهذه الأضرار لابد من معالجة مياه الصرف الصحي قبل طرحها.

تركيب مياه الصرف الصحي ومواصفاتها:

تحوي مياه الصرف الصحي مواد صلبة عالقة، منها ما هو عضوي بنسبة 60- 70٪ والباقي مواد غير عضوية، إضافة إلى العديد من البكتريا والطفيليات وبيوض الديدان، ولتحديد درجة المعالجة اللازمة واختيار الطريقة الأفضل فيها لابد من تحديد مواصفات هذه المياه وأهمها:

- المواد الصلبة العالقة suspended solids: وتحدد بحسب ما ينتج من الفرد الواحد يومياً من هذه المواد، وتقدر بنحو 65- 90غم/اليوم للشخص، منها نحو40غم يمكن أن يترسب بطريقة طبيعية.
- الأوكسجين البيوكيمياوي المستهلك biochemical oxygen demanded: وهو كمية الأوكسجين اللازم لتثبيت المواد العضوية القابلة للتحلل البيولوجي بفعل بكتريا هوائية، وتحدد حسب ما ينتج من الفرد الواحد يومياً وتقدر بنحو 50- 55غم/اليوم للفرد، ويراوح تركيزه في مياه الصرف المنزلية

بين 100- 500 ملغم/ل، ويتوقف ذلك على معدل الصرف اليومي للفرد الواحد.

- الأوكسجين المنحل dissolved oxygen: يعد تركيز الأوكسجين المنحل في مياه الصرف الصحي مؤشراً على درجة تلوثها، فإذا كانت درجة التلوث عالية وكمية المواد العضوية كبيرة، يمكن أن ينعدم وجوده في المياه لأن البكتريا تكون قد استهلكته في أكسدة المواد العضوية.
- الأوكسجين الكيمياوي المستهلك chemical oxygen demanded: هو كمية الأوكسجين اللازمة لأكسدة كامل المواد العضوية الموجودة في مياه

الصرف الصحي كيمياوياً، إذ إن الأكسدة الكيمياوية تحلل المواد العضوية التي لا تستطيع الكائنات الحية الدقيقة تفكيكها.

يضاف إلى ذلك مواصفات أخرى مثل، الكربون العضوي الكلي والمركبات الآزوتية والكلوريدات والرقم الهدروجيني pH والزيوت والشحوم وغيرها.

- درجة المعالجة المطلوبة واختيار طريقة المعالجة:

تتوقف طريقة المعالجة على درجة المعالجة المطلوبة، وهذه تتعلق بالمجال الذي سيعاد فيه استخدام هذه المياه بعد معالجتها (في الزراعة، في الصناعة...)، وفي حال طرح المياه المعالجة في الأجسام المائية كالأنهار والبحيرات، لابد من مراعاة أهمية هذه الأجسام، وفيما إذا كانت مياهها تستخدم في الشرب أو الري أو الاستحمام.

- مراحل معالجة مياه الصرف الصحي وطرائق المعالجة:

تمر المياه في أثناء معالجتها بالمراحل الآتية أو بعض منها:

- المعالجة الأولية (الميكانيكية):

تُسهم المعالجة الأولية في تخفيض المواد الصلبة العالقة بنسبة 60٪ تقريباً، والأوكسجين البيوكيمياوي المستهلك بنسبة 30- 35٪، وتهدف إلى تخليص المياه من المواد العالقة الكبيرة الحجم نسبياً، وذلك باستعمال التصفية والترسيب وأهم منشآتها:

- المصافي: الغاية منها حجز المواد الصلبة العالقة الكبيرة الحجم، ومنها المصافي الخشنة والمتوسطة والناعمة.
- أحواض حجز الرمال: الهدف منها حجز المواد الصلبة العالقة غير العضوية وخاصة الرمال، وذلك لتخفيف الحمل عن أحواض الترسيب وتحسين عملها.
- أحواض حجز الزيوت: الهدف منها فصل الزيوت والشحوم تحت تأثير مبدأ فروق الكثافات الحجمية.
- أحواض الترسيب الأولي: الهدف منها حجز أكبر كمية من المواد الصلبة العالقة العضوية.

وهي في الواقع عملية الترسيب Sedimentation حيث تمر مياه المخلفات في أحواض ترسيب أولية بسرعة بطيئة نسبياً 30 سم/دقيقة، وذلك لترسيب المواد العالقة مثل الأتربة والرمال والقطع المعدنية فيتجمع في قعر الحوض ما يعرف بالحمأة الأولية Primary sludge وقد تضاف مواد كيميائية للمساهمة في عملية الترسيب مثل الشبة أو أملاح الحديد، وهي مكلفة نوعاً ما. ويطفو الزبد على السطح الذي يكشط من آن لآخر، وهو عبارة عن مواد دهنية.

ولتخليص المياه بعد معالجتها من البكتريا الممرضة تجرى لها عملية تعقيم بالكلور أو الآزوت.

- المعالجة البيولوجية:

هي معالجة متطورة ذات كفاءة مرتفعة وأقل كلفة من المعالجة الكيمياوية، وهي ضرورية في حال إعادة استعمال المياه بعد معالجتها في مجالات أخرى (كالري مثلاً)، وتعتمد على نشاط البكتريا التي تقوم بأكسدة المواد العضوية وتحويلها إلى مواد ثابتة قابلة للترسيب.

تتم المعالجة البيولوجية في الشروط الطبيعية ضمن ما يعرف بحقول الري وحقول الترشيح أو في برك الأكسدة الطبيعية، وهذه الأخيرة تتطلب مساحات واسعة وشروط مناخية خاصة (درجة حرارة ملائمة، أشعة الشمس، طحالب، أوكسجين منحل) مما جعل انتشارها محدوداً نوعاً ما، أما الطرائق الأكثر انتشاراً حالياً فهي المعالجة البيولوجية في الظروف الاصطناعية وتشمل:

- طريقة الحمأة المنشطة (أحواض التهوية).
- طريقة المرشحات البيولوجية.
- طريقة خنادق الأكسدة (التهوية المديدة).
- طريقة برك الأكسدة المهواة اصطناعياً.

تمتاز المعالجة البيولوجية بكفاءة عالية، إذ يمكن تخفيض المواد الصلبة العالقة بنسبة 90- 95٪، والأوكسجين البيوكيمياوي المستهلك بنسبة

85- 90٪، والبكتريا بنسبة 90٪، ولا ينتج منها روائح مزعجة ولا تشغل مساحات واسعة إذا ما قورنت بالطرائق الطبيعية، ولكنها تحتاج إلى كوادر متخصصة في التشغيل والصيانة، وهي مكلفة من الناحية الاقتصادية ذلك لحاجتها إلى تجهيزات ميكانيكية وكهربائية.

- المعالجة المتقدمة:

للحصول على مياه بمواصفات عالية، تدخل المياه بعد المعالجة البيولوجية إلى مرحلة المعالجة المتقدمة، وأكثر المنشآت المستعملة في هذا المجال المرشحات الرملية متعددة الطبقات ومنشآت أخرى تستعمل في تنقية مياه الشرب.

ويمكن تخفيض تركيز المواد صعبة التأكسد باستعمال الكربون المنشط أو بالأكسدة الكيمياوية أو بأي أسلوب آخر، كما يمكن تخفيض تركيز الأملاح في المياه المعالجة بإتباع إحدى الطرائق في إزالة ملوحة المياه.

- معالجة الرواسب (الحمأة) sludge treatment

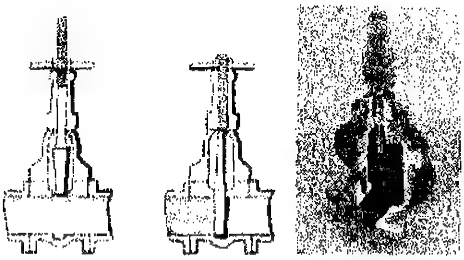
تنتج الحمأة في كل مرحلة من مراحل المعالجة وتختلف نوعاً وكماً بحسب نوعية المياه ومرحلة المعالجة الناتجة منها، وتحتوي على مواد عضوية غير مستقرة ذات رطوبة عالية تصل إلى 98- 99٪ من مكوناتها، مما يجعلها مصدر تلوث للبيئة إن لم تتم معالجتها.

تشمل معالجة الحمأة المراحل الآتية:

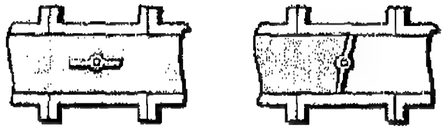
- التكثيف thickening: يتم ضمن أحواض خاصة، والهدف منه تخفيض رطوبة الحمأة وتقليل حجمها.
- التخمير digestion: غالباً ما يكون التخمير لا هوائياً، إذ تقوم البكتريا اللاهوائية بتثبيت المواد العضوية، وينتج من ذلك غاز الميثان الذي يستخدم مصدر طاقة لتشغيل تجهيزات محطة المعالجة.
- التجفيف dewatering: يتم في شروط طبيعية ضمن ما يعرف بحقول تجفيف الحمأة، وهذه الطريقة تحتاج إلى مساحات واسعة وشروط مناخية ملائمة، كذلك يمكن أن يتم التجفيف اصطناعياً (التجفيف الميكانيكي) بوساطة المرشحات الانفراغية أو السيور الضاغطة أو أجهزة القوة النابذة، وتتطلب

هذه الطرائق إضافة مواد كيمياوية مساعدة مما يجعلها أكثر كلفة من طريقة التجفيف الطبيعي، وتستخدم الحمأة بعد معالجتها سماداً لتحسين نوعية التربة الزراعية[1].

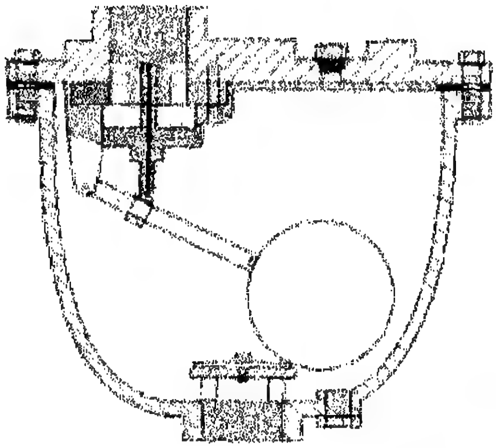
الصمامات الهيدروليكية : Hydraulic tube



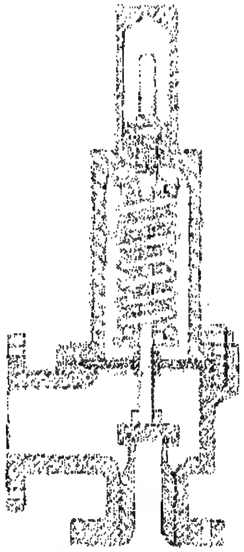
الشكل (1)



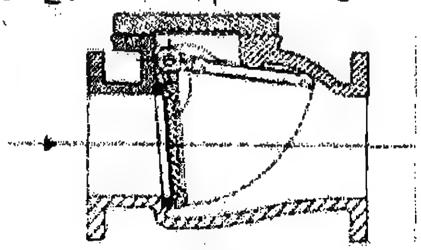
الشكل (2)



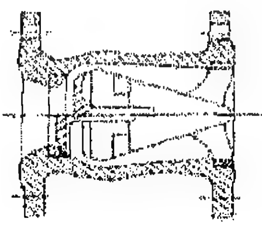
الشكل (3) صمام إدخال/ إخراج هواء تقليدي



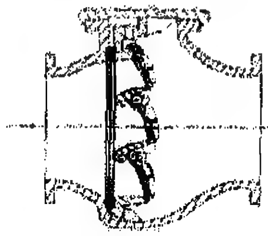
الشكل (4)



الشكل (5)



الشكل (6)



الشكل (7)

(1) الموسوعة العربية، محمود حديد، هند وهبة، مج12، ص122، (بتصرف).

الصمام valve جهاز ميكانيكي يستخدم للتحكم في جريان سائل أو غاز في منظومة جريان معينة، أو في تنظيم الضغط في مواقع معينة من هذه المنظومة، ويتدرج قياس الصمامات من صمامات قطرها عدة سنتمترات كالتي تستخدم في التمديدات الصحية المنزلية، إلى صمامات قطرها عدة أمتار كالتي تستخدم في السدود.

تستخدم الصمامات في شبكات توزيع المياه في المدن لتحقيق أغراض متنوعة، كعزل أنبوب من أنابيب الشبكة، أو لتصريف المياه منه، أو لتغيير معدل جريان الماء في أنبوب ما، أو للتحكم في منسوب الماء في الخزانات التي تغذي الشبكة، أو لطرد الهواء المتجمع داخل أنابيب الشبكة، أو لمنع الجريان العكسي، أو لغيرها من الأغراض.

فعلى سبيل المثال في حال حدوث كسر في أحد أنابيب الشبكة، تستخدم صمامات العزل isolation valves لعزل منطقة الكسر وإيقاف جريان الماء إليها في أثناء إجراء عمليات الإصلاح، في حين تستمر باقي أجزاء الشبكة في العمل طبيعياً، كذلك فقد تنشأ الحاجة لأن يكون الجريان في أحد أنابيب الشبكة في اتجاه واحد فقط، كما هي الحال في وصلات خدمة المشتركين، عند ذلك تركب على هذه الأنابيب صمامات عدم رجوع لا تسمح بالجريان إلا في الاتجاه المطلوب فقط.

أنواع الصمامات ومبدأ عمل كل منها:

تتضمن الصمامات التي تستخدم بكثرة في شبكات توزيع المياه الأنواع الآتية:

❖ **صمام البوابة:**

يعد صمام البوابة gate valve أكثر الصمامات استخداماً في شبكات الأنابيب (الشكل- 1)، وهو جهاز ميكانيكي يستخدم في عزل جزء معين من منظومة الجريان في أثناء إجراء أعمال الصيانة أو الإصلاح، يحتوي الصمام على بوابة على شكل قرص يتحرك نحو الأعلى ونحو الأسفل بوساطة ذراع ملولب يفتح

الصمام أو يُغلقه، وعندما يكون الصمام مفتوحاً بالكامل، يسمح بالمرور بصورة مستقيمة وبأقل قدر من الإعاقة، غير أن صمامات البوابة غير مصممة لتنظيم الجريان أو معايرته، فهي إما تكون مفتوحة بالكامل أو مغلقة، ويراوح قطر صمام البوابة من نصف بوصة (نحو 13ملم) كتلك التي تركب على الوصلات المنزلية للمشتركين، إلى 2000مم كتلك التي تركب على أنابيب جر المياه الضخمة.

❖ صمام الفراشة:

يتكون صمام الفراشة butterfly valve من جسم يحتوي على محور يدور حوله قرص دائري لفتح الصمام أو إغلاقه (الشكل- 2)، وعندما يكون الصمام في حالة الفتح الأعظمي، يكون القرص موازياً لمحور الأنبوب، وبما أن القرص يبقى في مسار الجريان حتى في وضع الانفتاح، فإن صمام الفراشة يتسبب في فاقدٍ أكبر من طاقة الجريان من صمام البوابة.

وعلى الرغم من أن الاستخدام الرئيسي لهذا الصمام هو لأغراض العزل، إلا أنه يمكن أن يستخدم في بعض الحالات أيضاً لتنظيم الجريان ومعايرته.

❖ صمام التحكم في المنسوب:

يستخدم صمام التحكم في المنسوب altitude control valve للتحكم بمنسوب الماء في خزان يغذَّى من الشبكة، وعندما يصير الخزان ممتلئاً بالمياه، يغلق الصمام فيمنع فيضان الخزان، وعندما ينخفض الضغط في الشبكة إلى ما دون ضغط الخزان المتلئ، يفتح الصمام ويسمح بتصريف الماء من الخزان إلى شبكة التوزيع.

❖ صمام إدخال الهواء وإخراجه:

يمكن للهواء أن يتجمع عند النقاط المرتفعة من الأنبوب الطويل مما يسبب انسداداً جزئياً له وإعاقة للجريان ضمنه، وتساعد صمامات إدخال وإخراج الهواء air valve (الشكل- 3) على حل هذه المشكلة إذ تسمح للهواء بالخروج آلياً من الأنبوب.

كذلك تحتاج أنابيب الشبكة لتصريف المياه منها دورياً سواء لإجراء أعمال الصيانة أم الإصلاح، يؤدي خروج المياه من الأنبوب عبر صمام التصريف (الغسيل) إلى حدوث تكهف في الأنبوب (أي هبوط الضغط فيه إلى ما دون قيمة الضغط الجوي)، فإذا كان التكهف شديداً، يمكن للأنبوب أن ينهار بالكامل، تسمح صمامات إدخال/ إخراج الهواء بدخول الهواء إلى الأنبوب ليشغل الحجم الذي كان يشغله السائل مما يمنع حدوث التكهف.

❖ صمام خفض الضغط:

يقوم صمام خفض الضغط pressure reducing valve بتخفيض الضغط في جزء الأنبوب الواقع بعد الصمام لأية قيمة مرغوب فيها، ويكون ذلك بخنق الجريان المار عبره ومعايرته للمحافظة على قيمة الضغط المطلوبة، وغالباً ما يركب صمام تخفيض الضغط على الأنابيب الداخلة إلى المناطق المنخفضة من شبكة توزيع المياه حيث يمكن لضغط الماء في الشبكة في حال عدم وجود هذا الصمام، أن يرتفع إلى قيمة قد تشكّل خطراً على الأنابيب ووصلاتها وملحقاتها.

❖ صمام تنفيث الضغط:

تستخدم صمامات تنفيث الضغط pressure relief valves (الشكل- 4) لحماية أنابيب الشبكة من الضغوط المرتفعة التي يمكن أن تنشأ في الحالات الطارئة.

يحتوي صمام تنفيث الضغط عامة على فتحة مغلقة بوساطة مكبس يرتكز على نابض، أو بوساطة بوابة مثقلة بوزن خارجي، فإذا زاد ضغط السائل الجاري في الأنبوب على حد مسبق التعيين (وهو الضغط الأعظمي المسموح للأنبوب تحمله)، يتحرك عند ذلك المكبس أو البوابة فتتكشف الفتحة ويخرج منها السائل، ويخف بذلك الضغط، يعود بعد ذلك المكبس أو البوابة إلى وضعهما الأصلي بفعل النابض أو الثقل الخارجي.

❖ صمام عدم الرجوع:

تنشأ الحاجة في العديد من حالات تصميم شبكات المياه المدنية والصناعية إلى أن يكون الجريان في أحد الأنابيب أو في جزء من الشبكة باتجاه واحد فقط، وتستخدم صمامات عدم الرجوع check valves أساساً لتحقيق هذا الغرض ولمنع السائل من الجريان بعكس الاتجاه المقرر له، فعلى سبيل المثال، عند توقف مضخة عاملة، تبدأ سرعة جريان السائل الموجود في أنبوب الضخ بالتباطؤ والتلاشي تدريجياً، وفي حال عدم وجود صمام عدم رجوع مركب على أنبوب دفع المضخة، فإن الجريان خلاله سرعان ما يعكس اتجاهه مسبباً دوران المضخة عكسياً، فيلحق ذلك أضراراً كبيرة بكل من المضخة والمحرك، لذا فمن الشائع جداً أن نرى صمامات عدم الرجوع مركبة على أنابيب تصريف المضخات لمنع الجريان المعاكس وتفادي أضراره.

يعد الصمام الأحادي البوابة swing check valve (الشكل- 5)، صمام عدم الرجوع التقليدي والأكثر انتشاراً في العالم، يتكون هذا الصمام من باب يدور حول مفصل علوي، ويقوم وزن الباب الذاتي بتأمين العزم اللازم لإغلاقه عند تباطؤ الجريان، ويمكن زيادة عزم الإغلاق عن طريق وضع أثقال إضافية محمّلة على ذراع خارجية متصلة بباب الصمام، صُمّم الصمام المتعدد الأبواب multi-door check valve (الشكل- 6)، ليحل محل الصمام الأحادي البوابة في الأنابيب ذات الأقطار الكبيرة حيث يصبح وزن الباب اللازم لتأمين عزم الإغلاق كبيراً جداً وغير عملي، ولهذا الصمام مبدأ عمل الصمام الأحادي البوابة نفسه، لكن فتحته مقسمة إلى عدة فتحات لكل منها بابها المستقل.

في الحالات التي ينجم عنها تباطؤ وانعكاس سريع للجريان، يحتمل أن تتخلف بوابة الصمام الأحادي البوابة تخلفاً ملحوظاً عن مواكبة حركة السائل، بحيث يمكن للجريان أن يؤسس سرعة عكسية كبيرة قبل انغلاق الصمام، في هذه الحالة يكون انغلاق الصمام عاصفاً (وتدعى هذه الحادثة بانصفاق الصمام valve slam) ويؤدي القطع المفاجئ للجريان العكسي إلى حدوث ظاهرة المطرقة

المائية الخطيرة، ويفضل في مثل هذه الحالة استخدام صمامات عدم الرجوع التي تكون فيها حركة عضو الإغلاق انتقالية (بفعل نابض) وليست دورانية، ويعدُّ الصمام الفوهي nozzle check valve (الشكل- 7) الذي يتميز بمقطعه الانسيابي مثالاً عن هذه الصمامات.

❖ صمام الغسيل:

تحتاج أنابيب الشبكة لتصريف المياه منها دورياً، لإجراء أعمال الصيانة أو للإصلاح؛ يوفر صمام الغسيل drain valve الذي يركب في المناطق المنخفضة من أنابيب الشبكة تصريف المياه من هذه الأنابيب مما يسمح بتعزيلها وتنظيفها من المواد المترسبة فيها، وإجراء أعمال الصيانة الضرورية لها.

تشغيل الصمامات أو عملها:

يمكن تشغيل صمامات العزل بعدة طرائق: يدوياً أو كهربائياً أو هيدروليكياً أو بوساطة الهواء المضغوط، وتعتمد الطريقة المتبعة في التشغيل على موقع استخدام الصمام ووظيفته ومصدر الطاقة المتوفر.

ويعد التشغيل اليدوي أكثر الطرائق شيوعاً لتشغيل الصمام، ويستخدم في شبكات الأنابيب حينما يكون تشغيل الصمام مقتصراً على وضعيتي الفتح أو الإغلاق، وكذلك حين يكون تشغيل الصمام عرضياً.

أما بالنسبة للصمامات التي تعمل بصورة متكرر فتشغَّل كهربائياً أو هيدروليكياً أو بوساطة الهواء المضغوط، تعتمد طريقة التشغيل الكهربائية على استخدام محرك كهربائي يوفر فتح الصمام وإغلاقه، أما طريقة التشغيل الهيدروليكية فتكون باستخدام سائل تحت ضغط كمصدر للطاقة.

المواد التي تصنع منها الصمامات:

تصنَّع الصمامات التي تستخدم في شبكات مياه الشرب والصرف الصحي عامة من الحديد الصب cast iron أو الفولاذ steel أو الحديد المطاوع ductile iron، وذلك من أجل الأنابيب التي لا يقل قطرها عن 100ملم أو أكثر، ومن البرونز bronze

من أجل الأنابيب التي يقل قطرها عن 100ملم، ويستخدم الفولاذ المصنَّع fabricated steel أحياناً في الصمامات ذات القطر الذي يزيد على 1800ملم[1].

صوامع الحبوب : Silos

الصوامع silos هي خزانات لحفظ المواد الموضوعة فيها بشروط ملائمة للمحافظة عليها من التلف.

توفر الأدوات والتجهيزات المستخدمة أو الملحقة بالصوامع والنواقل الموزعة بينها عمليات التهوية والتعقيم والغربلة اللازمة لحفظ المواد المخزنة بصورة سليمة، كما توفر تفريغ المواد المخزنة.

وتعد الصوامع من المنشآت المهمة خاصة في البلدان الزراعية، إذ تأتي أهميتها من كونها الأسلوب الأنسب والأكثر استخداماً لتخزين الحبوب والأعلاف المخمّرة silages.

تصنيف الصوامع:

الشكل (1) صومعة من الخرسانة أسطوانية الشكل

يتم إنشاء الصوامع عادة على شكل مجموعات تسمى خلايا التخزين، وتصنف الصوامع من حيث الشكل الهندسي في:

- صوامع أسطوانية (ذات مقطع دائري)، وهي الأكثر استخداماً (الشكلان 1و2- أ).
- صوامع موشورية الشكل بأربعة سطوح أو أكثر (الشكل 2- ب).

أما من حيث الارتفاع فتصنف الصوامع حسب النسبة في:

---

(1) الموسوعة العربية، وائل معلا، المجلد الثاني عشر، ص192، (بتصرف).

- صوامع قليلة الارتفاع، وتسمى أيضاً بالصوامع الضحلة أو المسطحة.
- صوامع مرتفعة، حيث تمثل h ارتفاع الصومعة، D قطرها.

ومن حيث مادة الإنشاء تصنف في:

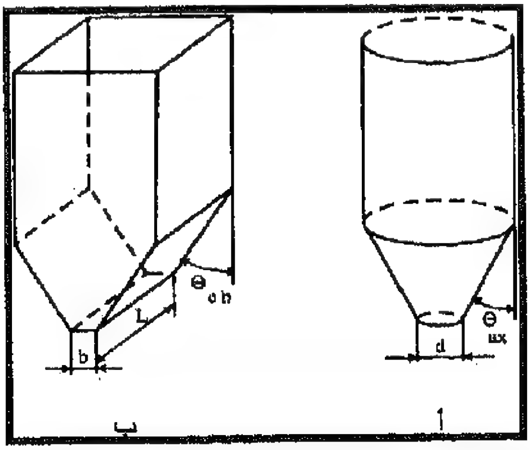
- صوامع من الخرسانة مصبوبة في المكان أو مسبقة الصنع.
- صوامع معدنية.

جريان المواد داخل الصومعة:

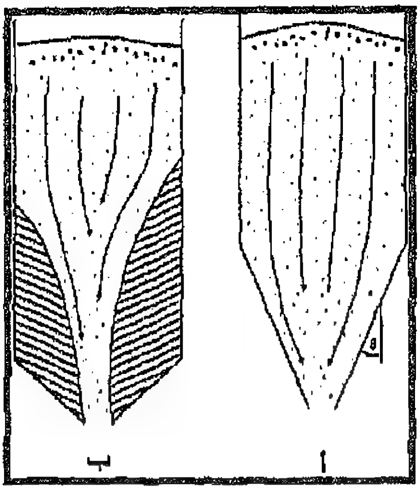
تستخدم الصوامع لتخزين مواد مختلفة مثل الحبوب والسكر والدقيق والإسمنت والأعلاف، وتؤثر مواصفات المواد المخزنة في شكل جريان هذه المواد في أثناء تفريغ الصومعة وتعبئتها، ومن ثمَّ في الضغط الناتج على جدران الصومعة وأرضيتها.

وعامة يوجد نموذجان رئيسيان لجريان المواد داخل الصومعة:

- الجريان الكتلي Mass flow: حيث يحصل تدفق لكامل المواد المخزنة بآن واحد، إذ إن المادة المخزنة أولاً تفرغ أولاً (الشكل 3- أ)، ولاتوجد مناطق تكون فيها المواد المخزنة ثابتة.



الشكل (2) أ- صومعة أسطوانية ب- صومعة موشورية



الشكل (3) نماذج الجريان في الصوامع

أ- جريان كتلي ب- جريان نواتي

- الجريان النواتي Funnel flow: حيث يحصل التدفق فقط في قناة ضمن المواد المخزنة، وهذه القناة محاطة بمواد مخزنة ثابتة غير متحركة (الشكل 3- ب).

نُفِّذت أبحاث عدة لدراسة أشكال الجريان وعلاقته بنوع المواد المخزنة، وبشكل الصومعة في أثناء عملية التفريغ، وقد تبين أنّ لشكل الجريان تأثيراً مباشراً وكبيراً في قيمة الضغط المؤثر في جدران الصومعة وأرضيتها وتوزعه[1].

القوى التي تنشأ في الصوامع:

كانت الصوامع تصمم في الدراسات الأولى على أساس الضغط الستاتيكي فقط Static Pressure، وهو الضغط الناجم عن المواد المخزنة في وضعية السكون، ولم يكن الضغط الديناميكي Dynamic Pressure الناتج من تفريغ وتعبئة المواد في الصومعة يؤخذ في الحسبان، وتبين فيما بعد أن الضغط الديناميكي المؤثر في جدران الصومعة والناتج من جريان المواد الحبيبية، خصوصاً في أثناء عملية التفريغ، أكبر من الضغط الساكن المؤثر في هذه الجدران، وفي كثير من الأحيان

(1) MARCEL.L.REIMBERT & ANDRE M.REIMBERT, Silos Theory and Practice. (Lavoisier Publishing Inc. USA 1987).

أدى هذا الضغط غير المحسوب إلى انهيار الصومعة كاملة (الشكل 4)، لذلك كان لابد من دراسة قيم الضغط الديناميكي وتوزعه من أجل أخذ ذلك في الحسبان أثناء التصميم الإنشائي للصومعة، ويتألف الضغط المؤثر في جدران الصومعة من ضغط ديناميكي أفقي وضغط احتكاك شاقولي، وقد بينت الدراسات وجود علاقة بين شكل الجريان والضغط الديناميكي.

علاقات جانسن Janssen من أهم العلاقات لحساب الضغط الساكن على جدران الصومعة فمن أجل حساب الضغط الشاقولي الساكن تستخدم علاقة جانسن الأولى:

$$P_V = \frac{\gamma.R}{k.\mu}\ [1- e^{\frac{K.\mu.y}{R}}]$$

ولحساب الضغط الأفقي الساكن تستخدم علاقة جانسن الثانية:

$$P_h = \frac{\gamma.R}{\mu}\ [1- e^{\frac{K.\mu.y}{R}}]$$

أما لحساب الضغط الديناميكي فتوجد طريقتان، تعتمد الأولى على تصعيد الضغط الساكن بضربه بمعامل تصعيد، وتعتمد الثانية على علاقات مباشرة مستنتجة تجريبياً، من أهم علاقات حساب الضغط الديناميكي الأفقي في الصوامع الدائرية مع أخذ تأثير الحرارة أيضاً بالحسبان علاقة ثيمر Theimer للصوامع الخارجية:

$$P_h = \frac{\gamma.D.y\,(4.D + y)}{2.\mu.(2.D + y)^2}$$

وعلاقة ثيمر للصوامع الداخلية:

$$P_h = \frac{3.\gamma.D.y\,(4.D + y)}{8.\mu.(2.D + y)^2}$$

حيث:

- γ: الوزن الحجمي للمواد المخزنة.
- D: قطر الصومعة.
- R: نصف القطر الهيدروليكي.
- y: ارتفاع المواد المخزنة.
- μ: معامل الاحتكاك على الجدار.
- k: نسبة الضغط الأفقي إلى الضغط الشاقولي للمواد المخزنة[1].

الشكل (4) صورة لصومعة منهارة

مشكلات التعبئة والتفريغ:

يمكن حدوث عدد من المشكلات في أثناء تعبئة المواد المخزنة وتفريغها، من أهمها:

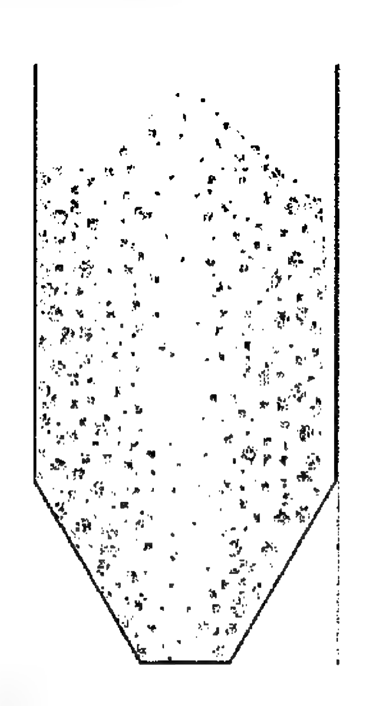
1- الفصل: في حال التعبئة المركزية للصومعة (التعبئة في وسط الصومعة) بمواد ذات جزيئات متفاوتة الحجم، تتراكم الجزيئات الأكبر بالقرب من جدران الصومعة، في حين تتوضع الجزيئات الأصغر قريباً من المركز وهذا ما يدعى

(1) SARGIS S. SAFARIAN & ERNEST C.HARRIS, Design and Construction of Silos and Bunkers.(Van Nostrand Reinhold Company).

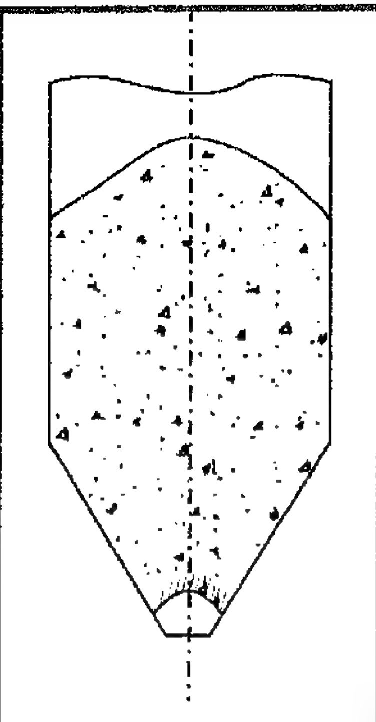
بالفصل (الشكل 5)، ويحدث الفصل أيضاً في أثناء عملية التفريغ، ففي حالة التفريغ وفق نموذج الجريان النواتي يتم تفريغ الجزيئات الأصغر التي تتوضع بالقرب من المركز أولاً، في حين يتم تفريغ الجزيئات الأكبر في النهاية، أما في حالة الجريان الكتلي فإن الجزيئات التي فُصلت في أثناء التعبئة تمزج مرة أخرى عندما تنساب خارج الصومعة.

2- التقوس: تتماسك الجزيئات بعضها مع بعض مشكلة أقواساً ثابتة فوق المخرج تؤدي إلى توقف انسياب المواد المخزنة إلى فتحة التفريغ، هذا ما يدعى بالتقوس (الشكل 6)، ويحدث التقوس في حالة الجريان الكتلي والنواتي، ويمكن منع التقوس بتحديد البعد الأدنى لفتحة الخروج الذي يوفر انسياب المواد المخزنة.

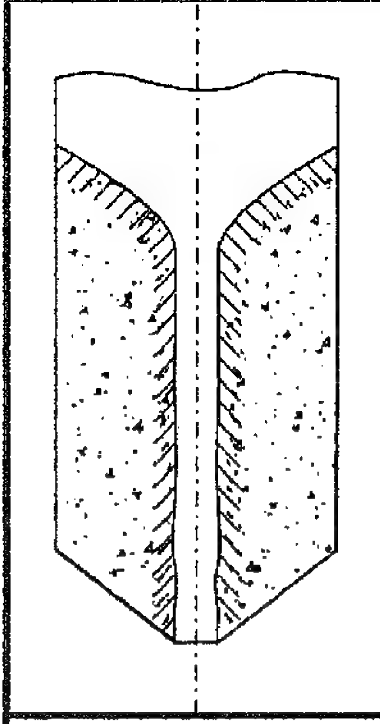
3- تكتل المواد المخزنة: هو تماسك جزيئات المواد المخزنة بعضها مع بعض مشكّلة كتلاً كبيرة أو صغيرة، ويحدث في حالة الجريان النواتي، حيث إن جزءاً من المواد المخزنة الموجودة ضمن قناة الجريان تنساب خارج الصومعة، أما المواد الموجودة في المناطق غير المتحركة قرب جدران الصومعة فتبقى في مكانها وتتكتل (الشكل 7)، كما يزداد التكتل عند التخزين مدة طويلة للمواد التي يزداد تماسكها مع الزمن كالسكر مثلاً، ومع إطالة مدة التخزين، تزداد كمية المواد المخزنة المتكتلة فيصعب انسيابها خارج الصومعة أو يتعذر كلياً، لذلك يجب السعي إلى تفريغ الصوامع ذات الجريان النواتي كاملة، وبفواصل زمنية قصيرة لإنقاص طول مدة التخزين والإقلال من حدوث التكتل.



الشكل (5)
عملية الفصل في الصومعة



الشكل (6)
التقوس في الصوامع



الشكل (7)
تكتل المواد داخل الصومعة

4- التدفق غير المنتظم: هو خروج المواد المخزنة من فتحة تفريغ الصومعة بصورة غير منتظمة، ويحدث التدفق غير المنتظم بعد مرحلة التقوس أو التكتل، حيث إن المواد المتكتلة أو الأقواس المتشكلة تنهار بالتتالي، مما يؤدي إلى سقوط أجزاء كبيرة تسبب حمولات صدم، وعندها تسقط المواد المخزنة ذات الجزيئات الصغيرة إلى أسفل الصومعة سريعاً، وتنساب خارج الصومعة مثل السائل، ويسمى هذا السلوك بالطوفان إذ ينجم عنه الكثير من الغبار، ويصبح عندها التفريغ المستمر مستحيلاً.

5- التباين في زمن التخزين: يحدث التباين في زمن تخزين المواد داخل الصومعة في حالة الجريان النواتي، حيث إن المواد التي تمت تعبئتها في النهاية والتي تتوضع بالقرب من محور الصومعة تفرغ مباشرة، في حين المواد المتوضعة بمحاذاة الجدران تبقى ساكنة فلا تفرغ، وتُفرغ هذه المواد الموجودة في المناطق غير المتحركة فقط عند التفريغ الكامل للصومعة، مما يؤدي إلى تباين في زمن

التخزين، قد يكون سيئاً في بعض الأحيان، وخاصة في حالة تخزين المواد الغذائية أو المواد التي تتغير مواصفاتها مع الزمن[1].

صيانة الصوامع:

يمكن أن تنشأ حمولات إضافية لم تكن مأخوذة في الحسبان في أثناء تصميم الصومعة مثل حمولات الصدم التي تنجم عن التدفق غير المنتظم في حالة التقوس والتكتل، كما أن الغبار الناتج يمكن أن يؤدي إلى حدوث انفجارات كبيرة ينجم عنها تخريب في الصومعة، لأجل ذلك لابد من إجراء صيانة وكشف دوري على الصومعة لتحديد الأضرار الناتجة من الظواهر السابقة وتلافيها، وبما أن مشكلات التفريغ تحدث على الأغلب في الصوامع ذات الجريان النواتي، لذلك ينصح بتصميم الصوامع بغية الحصول على جريان كتلي، ويكون ذلك بالتصميم المناسب للقمع السفلي للصومعة بحيث يوفر الانسياب الكتلي، وبتعيين البعد اللازم للمخرج لمنع التقوس[2].

صيانة المنشآت: Establishment maintenance

تتعرض جميع المواد التي تدخل في تشكيل المنشآت الهندسية إلى نقص في درجة أدائها ونوعيته مع الزمن، ويعود ذلك إلى التآكل والتعرض للأضرار بسبب الاستعمال وعوامل الجو المحيط بها[3].

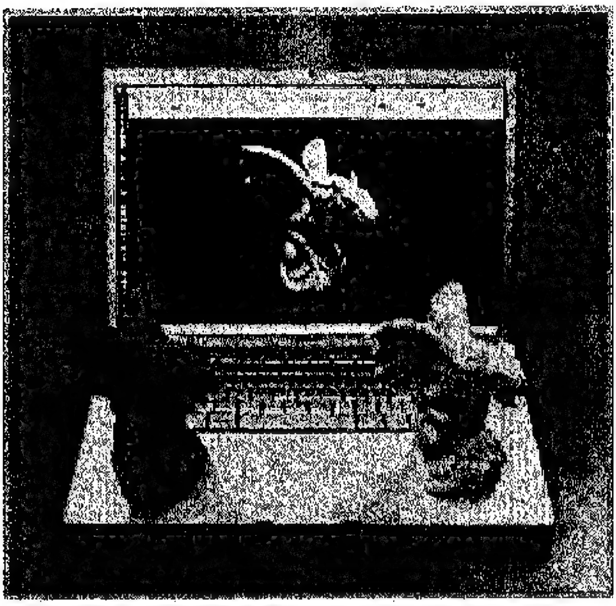
(1) HALA HAMMADEH, The Effect of Silo Geometry on the Shape of Funnel Flow Pattern and Wall Pressure of Granular Material.(Ph.D.Thesis.1995).

(2) الموسوعة العربية، هالة حمادة، المجلد الثاني عشر، ص267، (بتصرف).

(3) المصدر السابق، ص319، (بتصرف).

حرف الطاء

طابعة ثلاثية الأبعاد : Three-dimensional printer



ماسح ثلاثي الأبعاد (Scanner 3D) لنموذج حقيقي للحصول على النموذج الرقمي ومن ثم إعادة إنتاجه بواسطة طابعة ثلاثية الأبعاد (Printer 3D)

الطباعة ثلاثية الأبعاد هو شكل من أشكال الإنتاج الصناعي من أجل إنشاء حجوم ثلاثية الأبعاد بواسطة طبقات متعاقبة من المواد.

وهي عموماً أسرع وأكثر موثوقية وأسهل استخداماً من غيرها من التكنولوجيات الإنتاج المضافة، فهي توفر القدرة على طباعة وتجميع أجزاء مكونة من مواد مختلفة مع خصائص فيزيائية وميكانيكية في عملية بناء واحدة.

تكنولوجيات الطابعات ثلاثية الأبعاد المتقدمة تنتج نماذج تحاكي بشكل وثيق شكل ووظيفة النماذج الأولية (Prototyping).

طابعة ثلاثية الأبعاد تستخدم البيانات الرقمية لنموذج افتراضي ثلاثي الأبعاد واستخدامها لعمل عدد من المقاطع العرضية، ومن ثم تطبع الطبقة فوق الأخرى لإنشاء الكيان ثلاثية الأبعاد[1].

الطرق: Roads

الطريق road هو ممر (منشأة هندسية) فوق الأرض لمرور العربات والمشاة والحيوانات ونقل البضائع من مكان إلى آخر، وقد تطورت الطرق من الممرات الترابية والطرق الحجرية، إلى الطرق المعبدة الإسفلتية، والطرق الخرسانية متعددة الحارات.

تاريخ بناء الطرق:

الشكل (1)

تطورت الطرق بتطور أعمال نقل الغذاء والسلع من أمكنة إلى أخرى، فظهرت طرق الحيوانات، إذ استُخدمت الجمال والفيلة وسائل نقل، ومع اكتشاف العجلات والعربات بدأ التفكير في إنشاء الطرق، وأول من استخدم العربات قدماء المصريين، ومن أوائل الطرق التي أنشئت طريق كان يربط النيل بالأهرامات عام

(1) ويكيبيديا، الموسوعة الحرة، (بتصرف).

3000ق.م، وكان البابليون أول من استعمل الإسفلت مادة من مواد الإنشاء على الطرق المقدسة، كما استخدمت الطرق المحسَّنة في بلاد ما بين النهرين عام 3000ق.م، ورُبطت إيطاليا بالدانمارك عام 2000 قبل الميلاد، وفيما بين عامي 1900- 300ق.م، أنشئت أربع طرق للتجارة عرفت بالطرق العنبرية Amber Roads. وأنشئت طريق الحرير الصيني The Chinese Silk Road عام 100ق.م فربطت روما القديمة بالصين، ومن أهم الطرق التي بناها الرومان طريق أبين Appian Way التي تعدّ الطريق الرئيسي لليونان.

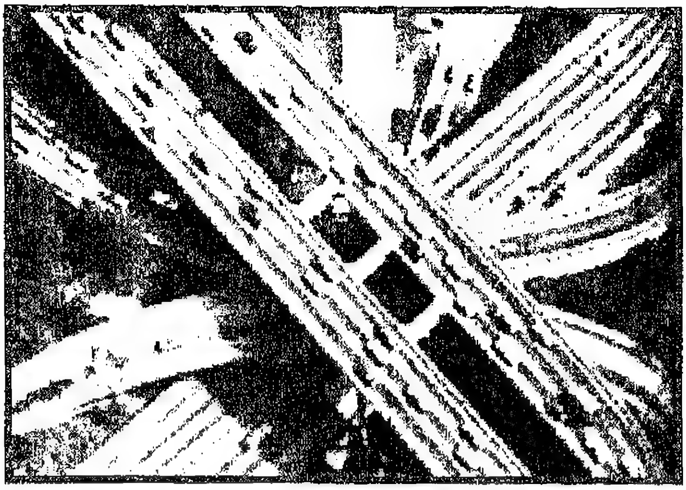
تطور إنشاء الطرق في المكسيك وأمريكا الوسطى وأمريكا الجنوبية وإسبانيا في القرنين الخامس عشر والسادس عشر، وامتدت الطرق من المكسيك إلى كاليفورنيا.

في القرن الثامن عشر حدث تقدم مهم في تكنولوجيا الطرق، وقدم مهندسون كثيرة وسائل محسَّنة لإنشاء الطرق وبنائها، كان منهم المهندس John McAdam الذي قدم طريقة mcadam، وذلك باستخدام الحجارة المكسرة المخلوطة ميكانيكياً والمرصوصة، حيث تُرش المواد البيتومينية على سطحها لربط الحصويات ببعضها.

بعد الحرب العالمية الأولى (1914- 1918) أدت زيادة استخدام السيارات بسرعات عالية وحمولات ثقيلة إلى الحاجة لوجود طرق أفضل، وتم إنشاء شبكة من الطرق السريعة وتطويرها في الولايات المتحدة الأمريكية، ولاسيما في عهد رئاسة روزفلت.

في نهاية الحرب العالمية الثانية (1939- 1945) زاد الطلب على إنشاء طرق سريعة بأربع حارات مرور أوسست، وتابع مهندسو الطرق أبحاثهم لتصميم الطرق الحديثة المتينة والاقتصادية الأكثر ربحاً وأماناً آخذين بالحسبان العوامل المؤثرة على تطور النقل الطرقي.

أنواع الطرق



الشكل (2)

تصنف الطرق إلى ثلاثة أصناف رئيسة هي: الطرق السريعة والطرق الحضرية والطرق الريفية.

- الطرق السريعة expressways: وهي متعددة الحارات عادة، الحركة فيها باتجاهين، وتفصلها في الوسط جزيرة فاصلة، ويكون حجم المرور عليها كبيراً، وتخضع لنظام تحكم عند المداخل، وتكون التقاطعات على الطرق السريعة بأكثر من مستوى، ويتم الدخول إليها والخروج منها بوساطة محولات ramps، تعمل بطاقتها القصوى، وعلى جوانب الطرق السريعة مواقف للطوارئ emergency parkings، ويتم اجتياز التقاطعات باستخدام الجسور والأنفاق، وتنفذ هذه الطرق وفقاً لمواصفات عالية، وتربط المدن الرئيسة بالبلدان المجاورة.
- الطرق الحضرية urban roads: تتألف من حارات عدة، والحركة عليها باتجاهين، وتغطي المدن والضواحي وتُستخدم من قبل السيارات الخاصة، والمرور العام، والدراجات والمشاة، وتُستخدم أيضاً لتمرير خطوط الخدمات، وعلى طرفيها أرصفة لحركة المشاة side walk، ويمكن تصنيفها إلى ثلاثة أنواع:

أ- الشوارع المحلية الحضرية urban local streets: وتوجد في المواقع السكنية والتجارية والصناعية، وعند مداخل الأراضي المجاورة لها، وتتألف من حارات عدة، وتضم مواقف للسيارات على الجوانب.

ب- الشوارع الجامعة الحضرية urban collector streets: وهي تنقل الحركة من الشوارع المحلية إلى الشوارع الشريانية، وتتألف من حارتين أو أكثر، وتكون مفصولة بجزيرة وسطية أحياناً.

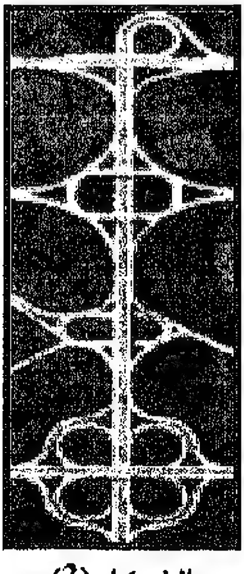
ج- الشوارع الشريانية الحضرية streets urban arterial: ويكون حجم المرور عليها أكبر، وتُستخدم في المدن الكبيرة، وهي تشبه الطرق السريعة، من حيث احتواؤها على حارتي مرور أو أكثر، ويكون الدخول إليها والخروج منها من الأراضي المجاورة عبر محولات، وتوجد على جوانبها مواقف للطوارئ.

- الطرق الريفية rural roads: وتقع خارج المدن في القرى والبلدات المجاورة لها، وتقسم إلى:

أ- طرق ريفية محلية تخدم المُلكيّات والمزارع الفردية، ويمكن أن تكون غير معبدة؛ وتتألف الطريق عادةً من حارتين.

ب- طرق ريفية جامعة وتكون حركة المرور عليها أعلى وأسرع، لذلك تبنى وفقاً لمواصفات أفضل من سابقتها.

ج- طرق ريفية شريانية للحركة بين البلدات الرئيسية في المناطق الريفية ويمكن أن تكون بحارتين أو حارات عدة، وتحتوي أكتافاً جانبية، وتكون حركة المرور عليها أسرع.



الشكل (3)

هندسة الطرق:

يحتاج مرور العربات الثقيلة بسرعات عالية إلى طرق تتكون من طبقات عدة، لتتحمل قوى الضغط، وتنفذ الطرق التي تخضع لحركة مرور عالية وسرعات كبيرة (الطرق السريعة) وفقاً لمواصفات أعلى من الطرق الأخرى (الريفية)، وعموماً يمكن استخدام ثلاث طبقات للطريق من الأسفل إلى الأعلى هي:

1- سرير الطريق roadbed: وهي الطبقة السفلية الحاملة، وتكون عادة من التربة الطبيعية، التي يجري تسويتها وتوزيعها على طول الطريق باستخدام المعدات الطرقية.

2- طبقة الأساس base course: موضعها فوق الطبقة السابقة، وتتألف عادة من حُصَيَّاتٍ جيدة مرصوصة، ويمكن استخدام التربة طبقة أساس بعد معالجتها وتثبيتها بمواد مثل الإسفلت أو الكلس أو الإسمنت، وتستخدم أحياناً طبقة أساس ثانية عند الحاجة وتسمى طبقة ما تحت الأساس.

3- طبقة الاهتراء السطحية wearing course: وهي طبقة قاسية تستقبل حركة المرور مباشرةً، ويجب أن تكون ناعمة، ومقاومة للتآكل، ولعوامل الطقس، وهي من نوعين: إما طبقة رصف مرن flexible pavement (تخلط الحُصَيَّات مع الإسفلت الساخن ثم تُفرش وتُرَصّ)، أو طبقة رصف صلب rigid pavement من بلاطات خرسانية تتوضع فوق طبقة الأساس، وتكون هذه البلاطات موصولة بعضها ببعض بقضبان ربط معدنية metal bars، وتزود البلاطات بفواصل تَمَدّد وفواصل انكماش لمقاومة التشققات.

اقتصاديات الطرق:

يعدّ قطاع الطرق والنقل العام من القطاعات المهمة في الدول جميعها، وتفرض بعض الدول ضرائب على مستخدمي بعض الطرق الرئيسة لتسديد تكاليف إنشائها، ويتحكم في اقتصاديات الطرق:

1- النفقات: وتشمل نفقات التمويل الأولية المخصصة لإنشاء الطرق، والنفقات التي تخص صيانتها وتجديدها في المستقبل.

2- الإيرادات: تشمل الفوائد التي تُجنى من حركة النقل بالسيارات، والناتجة من خفيض مصاريف تشغيلها (المحروقات وتوابعها)، وربح الوقت، وتحسين عنصر الأمان، وتوفير الراحة للمسافرين.

التطور الحديث في الطرق والآفاق المستقبلية:

إن تطور وسائل النقل، وزيادة حركة المرور والحمولات وتكرارها، إضافة إلى زيادة سرعات المركبات عليها، فرضت متابعة هذا التطور من خلال تطوير طرائق التصميم الهندسية ومواصفات الطرق، إضافة إلى تحسين طبقات الرصف وتقويتها، كي تقاوم الحمولات الكبيرة، والاهتمام بإنقاص حوادث السير وتوفير عوامل الأمان على الطرق.

من أهم الطرائق المستخدمة في تصميم طبقات الرصف طريقة نسبة التحميل الكاليفورنية C.B.R، وطريقة معهد الإسفلت Asphalt Institute Method، وطريقة آشتو AASHTO، وطريقة وسترغارد Westergard method، وتهتم الدراسات الحديثة بدراسة سلوك طبقات الرصف، واستخدام مواد بناء جديدة، وبدراسة التحليل الاقتصادي للطرق وتكاليف الإصلاح، وتولي اهتماماً بالغاً لكشف العيوب التي تحدث في طبقات الرصف لإصلاحها وإعادة تأهيلها، وتهتم الدراسات الحديثة أيضاً بدراسة سلوك السائق، وعلاقته بالعربة ومع الطريق والوسط المحيط[1].

الطيران (ديناميك- Flight dynamics)

يدرس ديناميك الطيران flight dynamics حركة الأجسام الطائرة والتسارعات التي تتعرض لها نتيجة للقوى المختلفة التي تؤثر فيها، ويدرس استقرار الجسم الطائر واهتزازه ومناوراته وإمكانية التحكم بها مع الأخذ في الحسبان عزوم عطالة الجسم حول محاوره المختلفة.

---

(1) الموسوعة العربية، رأفت إدلبي، المجلد الثاني عشر، ص558، (بتصرف).

القوى المؤثرة في الجسم الطائر:

يتعرض الجسم الطائر عامة إلى أربع قوى أساسية هي: الرفع، والوزن، والكبح، والدفع (أو الجر)، يضاف إلى ذلك تأثير القوة النابذة عند أخذه مساراً منحنياً.

تُعطى قوة الرفع بالعلاقة:

$$L = (C_L.\rho A.V^2)/2$$

تُعطى قوة الكبح بالعلاقة:

$$D = (C_D.\rho A.V^2)/2$$

حيث:

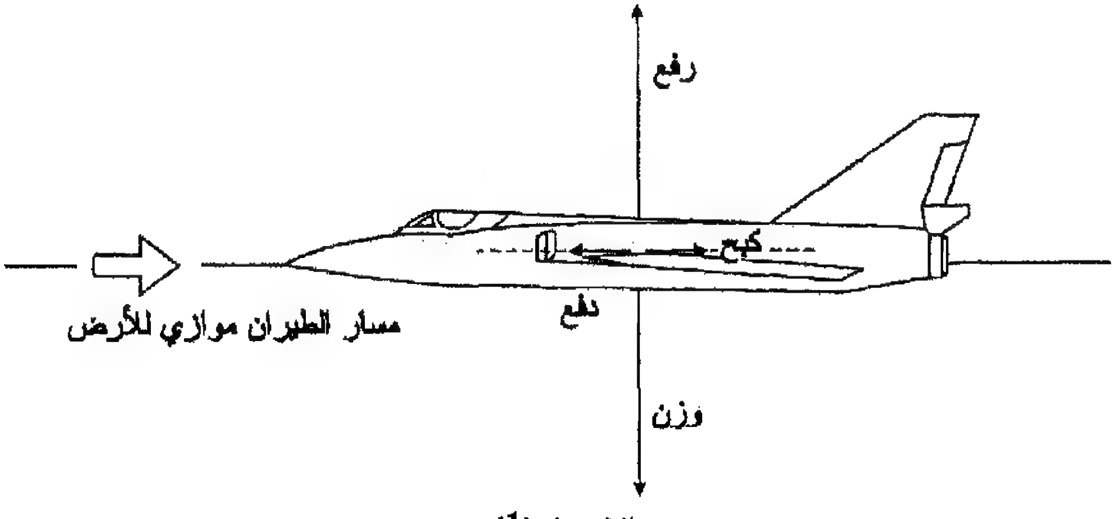
CL ثابت رفع الجسم الطائر، ويتعلق بالشكل الإيروديناميكي للجسم الطائر، وبالزاوية التي تكون للجريان مع محور الجسم الطائر (زاوية الهجوم).

ρ الكتلة النوعية للهواء.

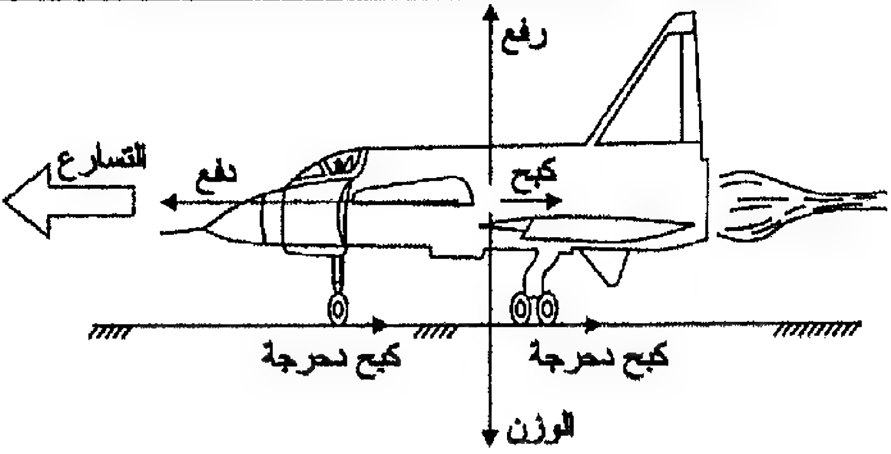
A المساحة الاعتبارية (مساحة الأجنحة أساساً).

CD ثابت كبح الجسم الطائر و يتعلق بالشكل الإيروديناميكي للجسم.

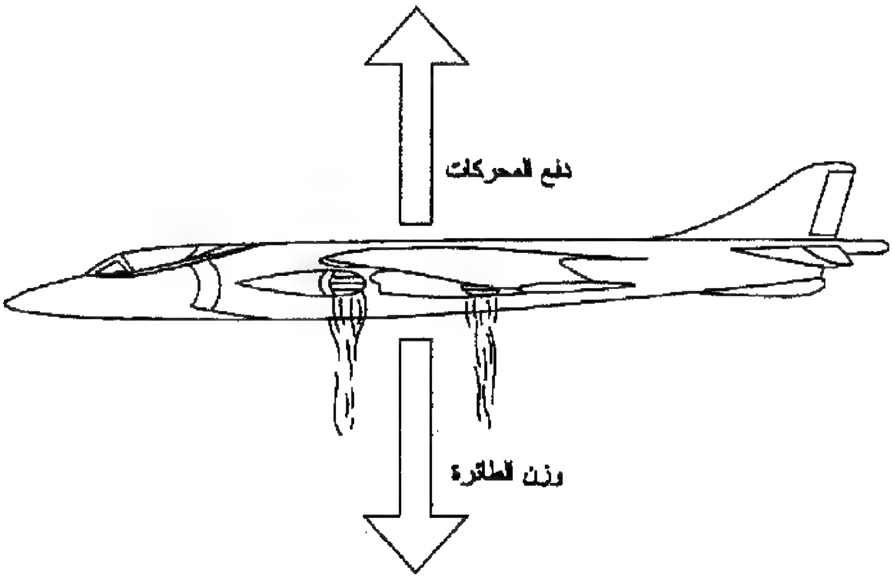
V سرعة الجريان.



الشكل (1)



الشكل (2)



الشكل (3)

حركة الجسم الطائر:

يمكن تصنيف حركة الجسم الطائر في أحد الأنواع الآتية:

1- حركة مستقيمة غير متسارعة: وعندها يكون الرفع مساوياً للوزن، والكبح مساوياً للجر أو الدفع (الشكل- 1).

2- حركة مستقيمة متسارعة أو دورانية: وعندها تكون قوة الدفع أو الجر أكبر من قوة الكبح، أو قوة الرفع أكبر من قوة الوزن (الشكل- 2).

ولكي يطير الجسم الطائر في مسارٍ منحنٍ يجب أن تُطبق عليه قوة جابذة، ومن ثم يتعرض الجسم الطائر حسب قانون نيوتن الثالث إلى قوة نابذة تعطى بالعلاقة الآتية:

$$F_C = \frac{mV^2}{R}$$

حيث:

m كتلة الجسم الطائر.

V سرعة الانعطاف.

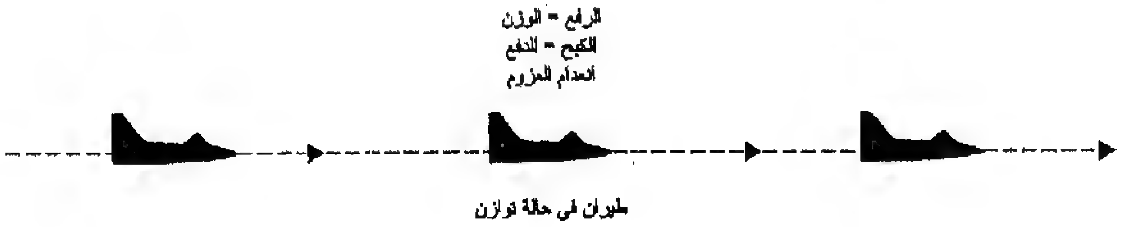
R نصف قطر الانعطاف.

3- حركة حرة: إذ لا يكون للجسم سرعة نسبية بالنسبة إلى الهواء، لذلك ينعدم الرفع كما ينعدم الكبح، وعندئذ يجب أن تنعدم القوتان الباقيتان، وهما الثقالة والدفع أو الجر (الشكل- 3).

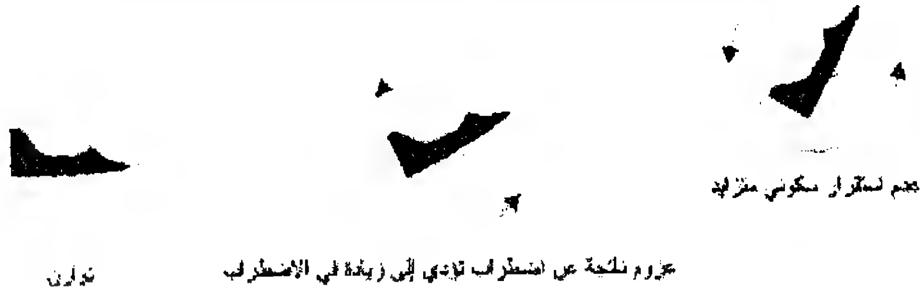
استقرار الجسم الطائر:

يعرف استقرار stability الجسم الطائر بأنه الجنوح (أو عدمه) إلى الطيران في مواصفات محددة مسبقاً، أما التحكم control فهو القدرة على تغيير مواصفات الطيران.

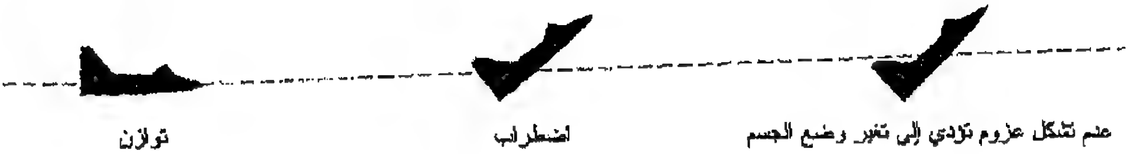
بتدقيق وضع جسم طائر يطير في وضع توازن عند مواصفات طيران معينة، يتبين أن مجموع القوى والعزوم المؤثرة في الجسم يجب أن يكون مساوياً للصفر، وهذا ما يسمى حالة التوازن equilibrium (الشكل- 4).



الشكل (4)



الشكل (5)



استقرار سكوني حيادي

الشكل (6)

حالة توازن سكوني وديناميكي

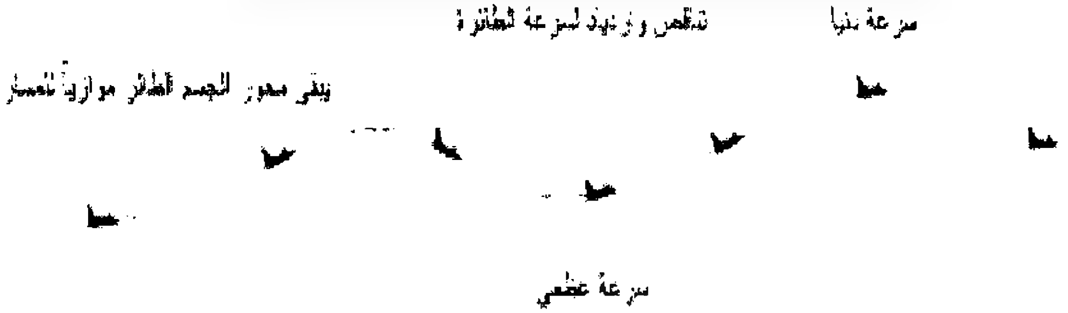
الشكل (7)

حالة استقرار حركي حيادي

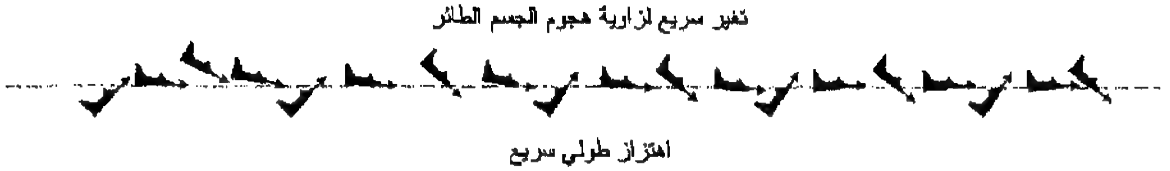
الشكل (8)

حالة توازن سكوني وعدم توازن ديناميكي

الشكل (9)



الشكل (10)



الشكل (11)

فإذا تعرض الجسم الطائر إلى زيادة في زاوية الهجوم (الزاوية الكائنة بين محور الجسم واتجاه الجريان) فإن الطائرة لن تبقى في وضع توازن، إذ إنه بزيادة زاوية الهجوم ستزداد قيمة القوى الإيروديناميكية، ومن ثم العزوم، مما يؤدي في بعض الحالات إلى رفع إضافي لمقدمة الجسم الطائر وابتعاده أكثر عن حالة التوازن، وعندئذ يكون الحديث عن عدم استقرار سكوني لهذا الجسم statically unstabl (الشكل- 5).

أما إذا حافظت الطائرة على وضعها الناتج من الاضطراب من دون أي زيادة فالحديث يتعلق باستقرار سكوني حيادي neutral static stability (الشكل- 6).

أما إذا تسببت القوى والعزوم الناتجة من الاضطراب في إعادة الجسم الطائر إلى حالة التوازن الأولية التي كان عليها قبل الاضطراب، وإعادته إلى مواصفات الطيران الأفقي المستقيم، فيقال إن الجسم الطائر مستقر سكونياً statically stable.

وبفرض أن الجسم الطائر هو من النوع المستقر سكونياً، فإنه سوف يتعرض إلى إحدى ثلاث حالات حركة متغيرة زمنياً عند محاولة العزوم المتولدة عن الاضطراب إعادة الجسم الطائر إلى حالة التوازن الأصلية:

1- خفض مقدمة الجسم الطائر إلى قيمة أقل من الحالة الأصلية nose down.

2- خفض مقدمة الجسم الطائر إلى قيمة أكبر من الحالة الأصلية overshoot.

3- رفع مقدمة الجسم الطائر nose up.

إن خفض مقدمة الجسم الطائر إلى قيمة أكبر من الحالة الأصلية ثم عودتها إلى قيمة أصغر بشكل اهتزازي متخامد حول وضع توازن الطيران الأفقي المستقيم يدل على أن الجسم الطائر مستقر ديناميكياً dynamically stable (الشكل- 7).

كما يمكن لمقدمة الجسم أن تهتز إلى الأعلى والأسفل بمطال ثابت constant amplitude وعندئذ يكون الحديث عن جسم طائر ذي استقرار حركي حيادي neutral dynamic stability (الشكل- 8).

وفي أسوأ حالة تتابع اهتزاز مقدمة الجسم الطائر إلى الأعلى والأسفل مع مطال اهتزاز متزايد يكون الحديث عن عدم استقرار ديناميكي dynamically unstable (الشكل- 9).

يميز في الجسم الطائر عادة ثلاثة أنواع من الاستقرار الديناميكي:

- الاستقرار الطولي longitudinal stability.
- الاستقرار الجانبي lateral stability.
- استقرار الاتجاه directional stability.

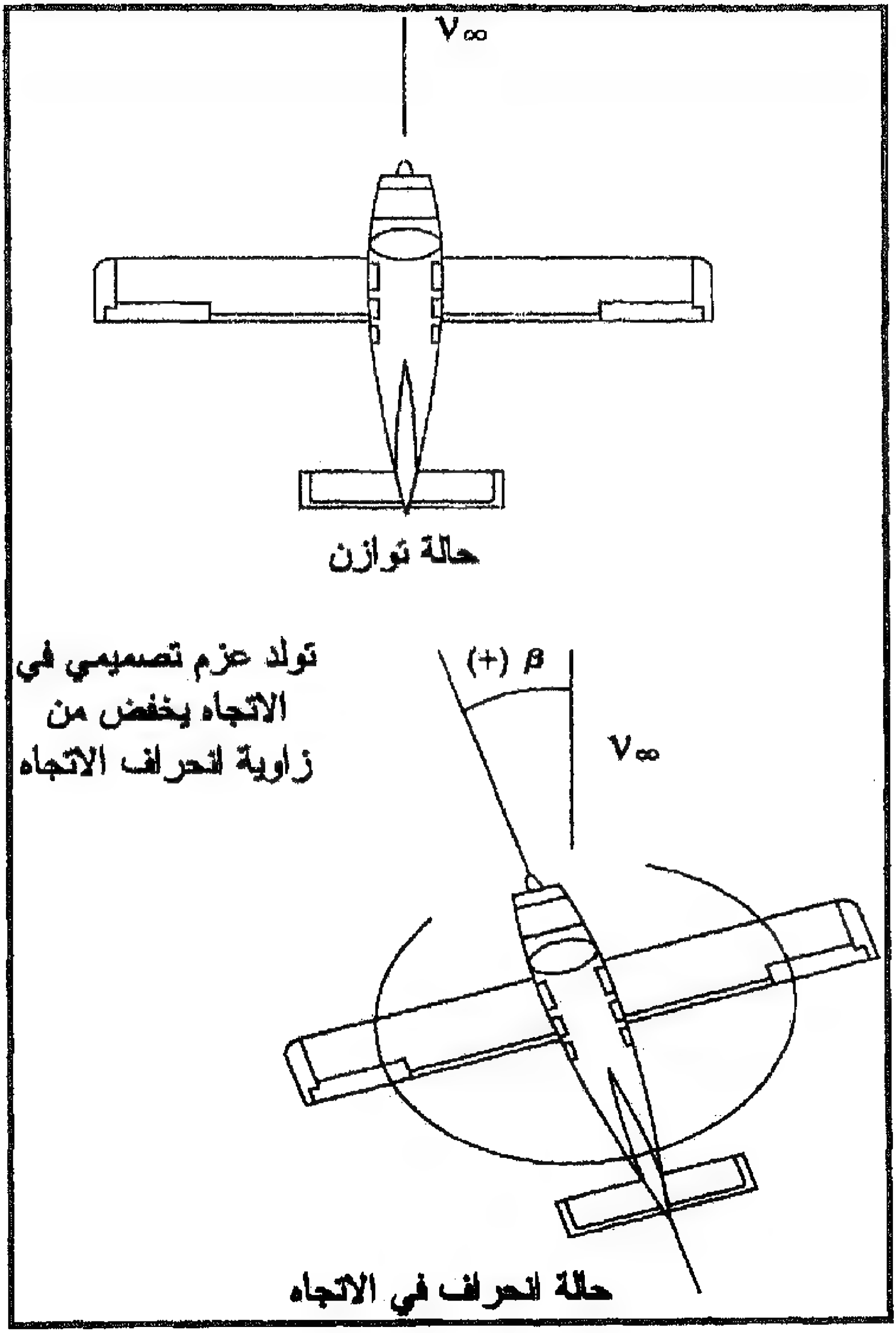
يُعالج النوع الأول اهتزاز مقدمة الجسم الطائر إلى الأعلى والأسفل، أما النوع الثاني فيعالج اهتزاز الجسم الطائر حول محوره العرضي، في حين يتناول النوع الثالث قدرة الجسم على المحافظة على اتجاهه.

هناك مبدئياً نوعان أساسيان من الاهتزاز الطولي للجسم الطائر عند تعرضه لأي اضطراب:

النوع الأول: يتصف بدور اهتزاز بطيء phugoid mode إذ يهتز الجسم الطائر اهتزازاً بطيئاً على مساره، وغالباً ما يكون هذا الاهتزاز من النوع المتخامد، كما أن قائد الجسم الطائر قادر على السيطرة على هذا الاهتزاز (الشكل- 10).

النوع الثاني: يتصف بدور قصير لتغير زاوية هجوم الجسم الطائر، وغالباً ما يتخامد هذا الاهتزاز سريعاً من دون الحاجة إلى أي تدخل (الشكل- 11).

استقرار الاتجاه:



الشكل (12)

يجب أن يكون الجسم الطائر مستقراً في الاتجاه، أي يجب أن يتولد عزم تدوير مُصحِّح عند تعرض الجسم الطائر إلى قوة دوران حول محوره الشاقولي تعيده إلى مساره الأصلي، وعندئذ يمكن الحديث عن استقرار إيجابي في الاتجاه (الشكل- 12).

ولكن عندما يبقى الجسم الطائر محافظاً على زاوية الانحراف يكون الحديث عن استقرار حيادي في الاتجاه، أما إذا زادت قيمة زاوية الانحراف فتنشأ حالة عدم استقرار في الاتجاه.

تأثير شكل الأجنحة في الاستقرار:

تسهم الأجنحة المتراجعة في توفير استقرار الاتجاه بعكس الأجنحة المتقدمة التي تسيء إلى مواصفات استقرار الاتجاه.

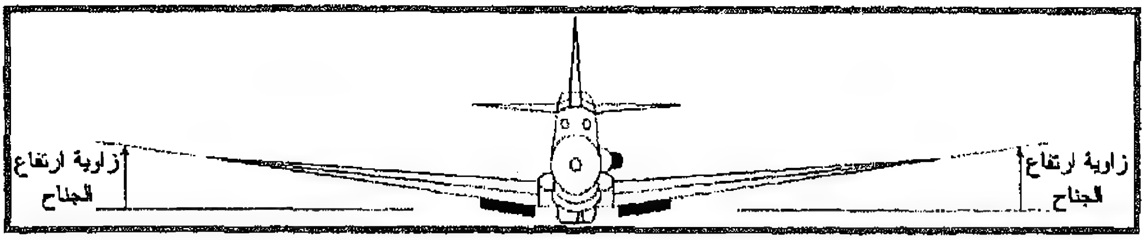
وإعطاء الجناح زاوية رفع dihedral angle يزيد من الاستقرار الطولي، إلا أن ذلك يمكن أن يعرض الجسم الطائر في حالة الاضطراب إلى عدم استقرار في الاتجاه side slip (الشكل- 13).

وإنّ لموقع الجناح بالنسبة للجسم تأثير في الاستقرار الجانبي، فالجناح المرتفع يسهم في زيادة الاستقرار الجانبي (الشكل- 14).

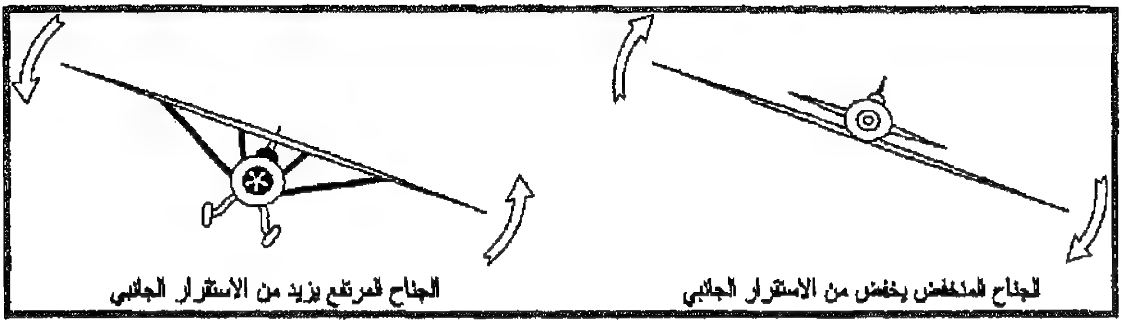
في حين تراجع الجناح إلى الخلف يساعد على زيادة الاستقرار الطولي، ويمكن مواجهة التأثير السلبي للجناح المنخفض بإعطائه زاوية رفع مناسبة.

يؤدي الذيل الأفقي للجسم الطائر الدور الرئيسي في توليد العزم المطلوب، علماً بأن المساحة الكبيرة لهذا الذيل تولّد استقراراً سكونياً أكبر.

التحكم:



الشكل (13)



الشكل (14)

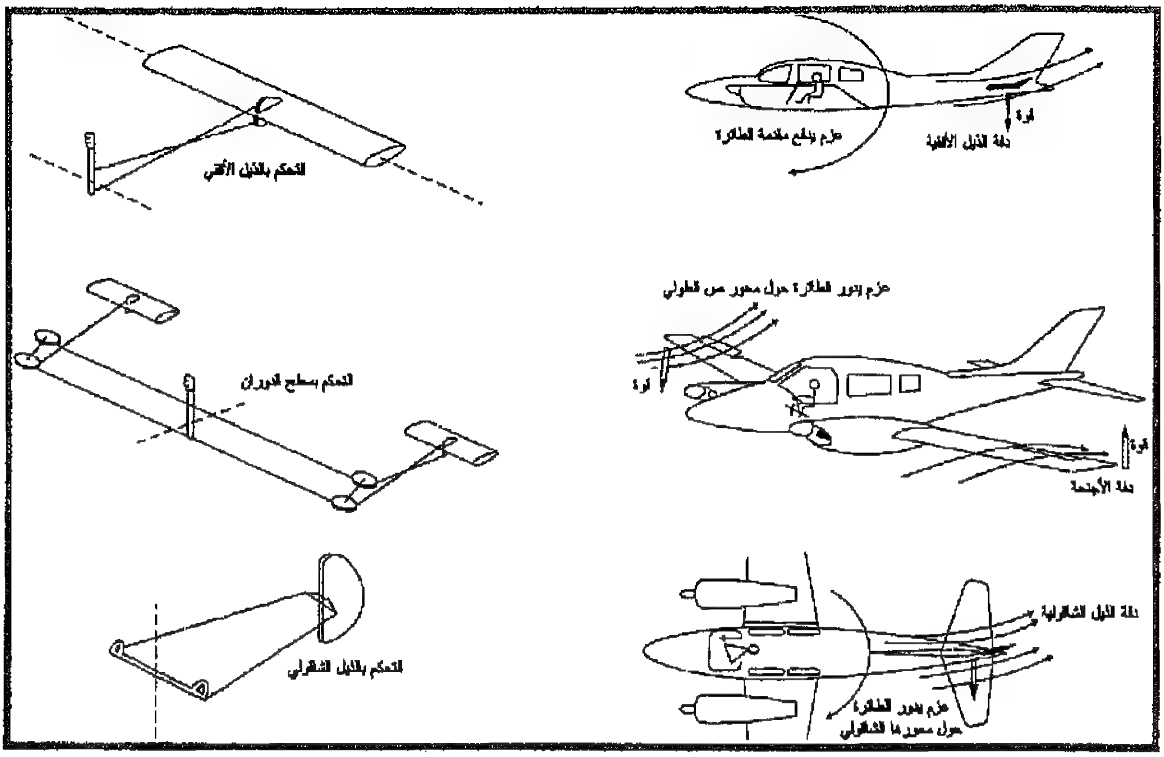
التحكم، هو إمكانية قيادة الجسم الطائر وتغيير شروط طيرانه، بغض النظر عما إذا كان مستقراً أم غير مستقر، وذلك بوساطة الجنيحات والدفات الموجودة على جناحي الجسم الطائر وذيله، إذ تولّد هذه الجنيحات قوى محددة عند تحريكها، وتحولها إلى عزوم تعمل على تغيير شروط طيران الجسم الطائر، وتوفر الاستقرار المطلوب إذا كان غير مستقراً (وهذا ما يتوافر في الطائرات المقاتلة الحديثة خاصة لإعطائها إمكانية مناورة عالية في المعارك الجوية).

ويُظهر الشكل (15) نظام تحكم مبسط يستخدمه الطيار ويحرّك الدفات بوساطته، وكلما ازدادت مساحة هذه الدفات ازدادت كفاءة التحكم[1].

إن جميع الأجسام الطائرة الحديثة مزودة بطيار آلي يتولى التحكم بها، يعطي الطيار الآلي أوامر تحريك الدفات والجنيحات عن طريق برنامج حاسوبي يتضمن مواصفات الجسم الطائر الديناميكية جميعها، ويقدم التعليمات المثلى لتحقيق شروط الطيران المطلوبة.

(1) RICHARD L. TAYLOR, Understanding Flying (1987).

يتم التحكم في مسار طيران الأجسام الطائرة الحديثة والسريعة (الطائرات والصواريخ) وإيصالها إلى هدفها آلياً ودقة متناهية بوساطة نظام تحكم يتولى القيادة والتوجيه، والتعامل مع أي اضطرابات تظهر في أثناء الطيران.



الشكل (15)

يتألف نظام التحكم من العناصر الآتية:

- حساسات تقيس أي انحراف للجسم الطائر عن محاوره، وغالباً ما تكون هذه الحساسات جيروسكوبات gyroscopes ميكانيكية أو ليزرية.
- حساسات تسارُع تقيس أي تسارع يتعرض له الجسم الطائر باتجاه محاوره الثلاثة.
- حاسوب يتلقى القياسات المستمرة من الحساسات ويعالجها بهدف تحديد المسار الفعلي للجسم الطائر ومقارنة هذا المسار الفعلي بالمسار النظري المطلوب والمخزَّن مسبقاً في ذاكرة الحاسوب، وعند ظهور أي عدم تطابق بين المسارين يرسل

الحاسوب أوامر تصحيحية مناسبة إلى المخدمات actuators التي تتولى تحريك أسطح القيادة تحريكاً مناسباً وموافقاً للأوامر الصادرة عن الحاسوب.

- وقد أضيف مؤخراً إلى نظام التحكم المذكور أعلاه إمكانية تحديد الموقع الآني بوساطة "منظومة تحديد المواقع الشامل" global positioning system (GPS)) التي تعتمد على استخدام السواتل الفضائية، إذ تتولى هذه المنظومة تزويد الحواسيب بالإحداثيات الآنية للجسم الطائر في أثناء طيرانه وتساعده على تحديد مقدار الانزياح عن المسار الاسمي بدقة أكبر[1].

(1) الموسوعة العربية، معن العظمة، المجلد الثاني عشر، ص678، (بتصرف).

حرف العين

العزل الصوتي: Sound Isolation/ sound insulation

الصوت ظاهرة فيزيائية تؤثر في حاسة السمع، تنتج من موجات اهتزازية لجسم معين وتنتشر في الهواء بشكل موجات متتالية من التضاغط والتخلخل، فتؤثر في الأذن وتولد إحساساً سمعياً لدى الإنسان إذا كان ترددها محصوراً بين 16 و20.000 هرتز، أما الضجيج فهو أصوات واهتزازات غير مرغوب فيها تزعج الإنسان وقد تسبب له الضرر أحياناً بحسب شدتها واستمراريتها، وعموماً تعد الأصوات غير المرغوب فيها الناتجة من الطائرات والمرور والآلات الصناعية تلوثاً بيئياً قد يكون له آثار ضارة بصحة الإنسان، كالشعور بالضيق وارتفاع ضغط الدم وضعف السمع أو فقدانه.

وفي حين أن الأصوات ذات التردد العالي تكون أكثر خطورة على الإنسان وإزعاجاً له من الأصوات ذات التردد المنخفض، فإن معظم الضرر الناجم عن الضجيج يرتبط بشدة الصوت sound intensity، أي كمية الطاقة التي يختزنها والتي تقاس بالديسبل decibels، ويمكن أن تراوح شدة الصوت من الصفر، التي تعبر عن أخفض صوت يمكن للأذن تقصيه، إلى 160 ديسبل، وتكون المحادثة بصوت شدته 40 ديسبل، ولقطار الأنفاق شدة صوت مقدارها 80 ديسبل، ويصدر عن حفلة موسيقية صاخبة rock concert صوت تراوح شدته بين 80 و100 ديسبل، وتكون عتبة الشعور بالألم عند الإنسان عند 120 ديسبل، مما قد يؤدي إلى تلف الأنسجة واحتمال فقدان السمع.

العزل الصوتي sound insulation، هـو مجموعـة المعـايير والإجراءات التي تهدف إلى توفير عزل مناسب لمكان ما بغية التخفيف من الأصوات المزعجة الناتجة من المصادر الصوتية المختلفة أو الحد منها.

لمحة تاريخية:

سعى الإنسان منذ بداية الخليقة إلى حماية نفسه من الظواهر الطبيعية، كأصوات الرياح والرعد وأصوات الحيوانات، وذلك بغية توفير الجو الهادئ المناسب للنوم ليلاً في الكهوف، غير أن الجزء المتعلق بدراسة الصوت في الأبنية بقي عموماً، جزءاً غير متطور من علم الصوت حتى العصر الحديث، ومع ذلك فقد أبدى المهندس المعماري الروماني ماركوس بوليو Marcus Pollio، (الذي عاش في القرن الميلادي الأول) ملاحظات وثيقة الصلة بهذا الموضوع وبعض التخمينات الذكية التي تتعلق بارتداد الصوت وتداخله.

وقد أدى التطور العلمي والصناعي منذ مطلع القرن العشرين وانتشار منظومات النقل بالسيارات والقطارات والطائرات وكذلك آليات البناء إلى حدوث تزايد في الأضرار الناتجة من الأصوات القوية، وصار الضجيج من الأمور الملحة التي يتوجب إيجاد حلول مناسبة لها، ومنها العزل الصوتي.

التقنيات المستعملة ومواد العزل:

الوسط الناقل للصوت	سرعة انتشار الصوت (م/ثا)
الهواء	343
المطاط	40- 150
الفلين	450- 530
الماء	1320
الخشب حسب نوعيته واتجاه الياف	1000- 3000
الخرسانة	2800- 3200
حجر متوسط القساوة	3500
بلوك آجر غير مفرغ	4000
الحديد والفولاذ	4700- 5100
الزجاج	5000- 6000
الجدول (1)	

تختلف سرعة انتشار الصوت حسب الوسط الناقل له، ولها تأثير كبير في اختيار مواد العزل، ففي حين تبلغ سرعة انتشار الصوت في الهواء 343 م/ثا، الجدول (1)، فهي قد تصل في الخرسانة إلى 3000 م/ثا وفي الزجاج إلى 6000م/ثا.

يُمتص الصوت عن طريق الهواء والجدران والأسقف والأرضيات والأثاث والأشخاص، وتؤثر نوعية مواد الإكساء في كمية الصوت الممتص، فالمواد المصقولة والملساء والصلبة والكتيمة ثقيلة الوزن ومن ثم فإن امتصاصها للصوت أقل من المواد ذات الأسطح الخشنة والمسامية واللدنة الخفيفة الوزن.

تقسم مواد العزل الصوتي إلى مواد ماصة وأخرى عاكسة للصوت، فالمواد اللينة soft كالفلين واللباد تمتص معظم الأصوات التي تصطدم بها، على الرغم من أنها قد تعكس بعض الأصوات ذات التردد المنخفض، أما المواد القاسية hard كالحجر والمعادن فتعكس معظم الأصوات التي تصطدم بها[1].

أشكال العزل الصوتي في المباني:

1- منع انتقال الصوت في القواطع والجدران والسقوف من الخارج.

2- منع انتقال اهتزاز وأصوات المكائن.

3- طرق امتصاص الصوت والضوضاء في الداخل.

تقسم المواد الماصة للصوت إلى:

- مواد ماصة مسامية، وهي ألياف رخوة سماكتها نحو 10ملم، لها امتصاص قوي للأصوات ذات الترددات المتوسطة.
- مواد ماصة غشائية، وهي مواد جيدة لامتصاص الترددات المنخفضة.
- مواد ماصة مثقبة، وهي مواد ذات ثقوب تحوي مواد ماصة للصوت.
- مشتتات صوتية، وهي عناصر توضع على الأرضيات أو تعلق على الجدران أو الأسقف بتوزيع معين لتشتيت الصوت.

---

(1) أنظر أيضاً: أنور الغيث، تأثير الصوت على الأبنية عمرانياً ومعمارياً، مجلة باسل الأسد للعلوم الهندسية، العدد 15، 2002.

- موانع الضجيج الصوتية التي تستخدم لعزل المعدات والآلات التي تولد ضجيجاً، وتوضع كغطاء حول مصادر الضجيج لتخفيفه بمقدار 25 ديسبل على الأقل.

أما المواد العاكسة للصوت فتستخدم في الأماكن التي تتطلب زيادة في شدة الصوت، كقاعات الاجتماعات وصالات المحاضرات والمسارح ودور الأوبرا، فتساعد على توزيع الصوت فيها بانتظام وإيصاله إلى جميع الحضور من دون تشكل صدى.

أنواع العزل الصوتي:

يتحقق العزل الصوتي في الأبنية والمنشآت بعزل أرضيتها وجدرانها وأسقفها ونوافذها وأبوابها والآلات الموجودة فيها عزلاً مناسباً، وتشكل طريقة الإنشاء المضاعف أفضل طريقة لعزل الأرضيات، أي بإنشاء أرضية أخرى فوق الأرضية الأساسية مع وضع طبقة عازلة للصوت بين الأرضيتين، وكلما كانت الجدران أكثر سماكة كان العزل الصوتي أفضل، فمثلاً، يمكن أن ينقص جدار إسمنتي سمكه 15سم الضجيج بمقدار 47 ديسبل، كذلك يُنصح ببناء جدران مضاعفة مزودة بفراغ هوائي بحيث لا تنتقل الاهتزازات من الجدار الأول إلى الثاني، وتعزل الأسقف باستخدام مواد ماصة للصوت أو عاكسة له، تعدّ النوافذ نقاط ضعف أساسية في الأبنية التي تجتازها الموجات الصوتية من خارج المبنى إلى داخله، ولتوفير عزل أفضل للصوت والحرارة، ينصح بتزويد النوافذ بألواح زجاجية مضاعفة مزودة بفراغ هوائي سماكته 2سم. أما الأبواب فهي أيضاً ضعيفة العزل الصوتي، فيتوجب حمايتها باستخدام مواد عازلة توضع حولها، كذلك يتوجب توفير عزل مناسب لجميع الآلات الموجودة في الأبنية والتي يمكن أن يصدر عنها صوت مزعج، ويتم ذلك بوضع مواد عازلة ومخدات عزل خاصة، ويفضل عموماً وضع المعدات والآلات المصدرة للأصوات في أقبية الأبنية[1].

---

(1) بهاء الدين أبو لبن، أسس تصميم وتنفيذ الأبنية الصوتية الداخلية والخارجية (دار الحافظ، دمشق 1998).

مواد العزل الصوتي:

1- وحدات جدارية عازلة للصوت: وهي بلاطات ممتصة للصوت من وجهين غالباً وتكون محببة من الكوارتز الملون والملصق بالراتنج وتتميز بقدرتها على التحمل وسهولة التنظيف ولا يمكن تشويهها بالرسم عليها.

2- ألواح الصوف الزجاجي: يتكون اللوح من الصوف الزجاجي والوجه الآخر من ورق ألمنيوم مثقب الذي يقوم بامتصاص الصوت ويمكن تركيبها في الحوائط والأرضيات والأسقف وتستخدم في المباني التجارية والصناعية الجديدة أو التي تحتاج لتجديد.

حلول وأمثلة:

يمكن تخفيف الضجيج في الأبنية بشكل ملموس، بإبقاء مسافات كافية بين مواقف السيارات والأبنية، أو بإنشاء مواقف للسيارات تحت الأرض، وترك مسافة لا تقل عن 200م بين الملاعب الرياضية والمدرسية والأبنية السكنية، وحماية رياض الأطفال والمدارس من التأثيرات الصوتية الخارجية عن طريق وضعها ضمن المجموعات السكنية.

لابد من مراعاة العزل الصوتي عند وضع المخططات التنظيمية الجديدة للمدن والقرى والمناطق السكنية وتحقيق المسافات الضرورية ما بين مصادر الصوت والأبنية، كذلك لابد من أخذ قياسات صوتية دورية للضجيج الصادر عن حركة المرور في المدن، وغيرها من مصادر الضجيج، وذلك بغية التأكد من ألا تتجاوز الحدود المسموحة، كذلك لابد من وضع المعايير التصميمية المناسبة للأبنية ومراعاتها بحيث توفر عزلاً صوتياً مناسباً[1].

(1) الموسوعة العربية، أنور الغيث، المجلد الثالث عشر، ص171، (بتصرف).

العزل المائي: Water insulation

العزل المائي water insulation، هو حماية المنشآت والمكونات البيئية من العوامل الطبيعية والاصطناعية التي قد تكون سبباً أساسياً في تلفها أو خروجها عن حدود الاستثمار، ويكون العزل باستخدام مواد وأساليب متنوعة بحسب الظروف المحيطة ونوعية المنشأة، وفي إطار الاستثمار السليم للمنشأة من الوجهة البيئية والهندسية والفنية.

لمحة تاريخية:

مصطلح العزل بالعرف الهندسي مصطلح قديم جديد طوره الإنسان منذ محاولاته الأولى لحماية مسكنه البدائي ووسائط نقله كالمراكب النهرية والبحرية، إذ استخدم القار لحماية الهياكل الخشبية للمراكب، كما استخدم المصريون القدماء القطران لحفظ المومياء، ونحو سنة 625 قبل الميلاد في عهد الملك نبوخذ نصر، استخدم البابليون الزفت في طلاء الأروقة، ثم تطورت استخدامات الزفت وصار يستعمل مادة أساسية في الخلطات المختلفة للطرقات والرقائق، ويعدُّ العسل من أقدم مواد العزل المستخدمة في الحضارات القديمة، فقد استخدمه البابليون والسومريون والآشوريون والفراعنة واليونان لتغليف التماثيل والأصنام التي كانوا يعبدونها بهدف حمايتها من التلف، وهناك مواد عزل محلية استخدمت في منطقة بلاد الشام لعزل الأسطح مثل القصر ملّ وهو مزيج من الغضار والكلس والرماد الناتج من المحروقات، كذلك استخدم الرومان اللاؤونة وهي مزيج من الكلس والزيت والقطن، لعزل وصلات قساطل شبكات توزيع المياه.

مواد العزل المائي واستخداماتها:

يستخدم العزل المائي بصفة أساسية في جميع المنشآت المائية لضمان سلامة نوعية المياه والمنشأة الناقلة لها.

اختلفت تسميات مواد العزل القديمة بين قار وقطران وزفت، أما القار والقطران فيستخرجان من زيوت أشجار الصنوبر أو الأرز أو الشجر المر، ويوجد الزفت على شكل بحيرات أو تجمعات سطحية في المناطق التي تحوي احتياطات نفطية.

ومن مواد العزل المائي: الرقائق بمختلف أشكالها وسماكاتها، منها الزفتي والمرن والقماش غير المنسوج non- woven fabric على سبيل المثال لا الحصر، وهناك أيضاً بعض المواد التي تُضاف إلى الخرسانة أو الطينة الداخلية والخارجية والتي تؤدي إلى زيادة الكتامة، وتعدُّ طلاءات الحماية بأنواعها كافة وخصائصها من أهم أنواع العزل المائي، وتكوّن الرقائق من النسيج غير المحاك في تصميم الحماية المائية للطرقات السريعة والسكك الحديدية والأقنية والملاعب وغيرها، وتشكل الرقائق المدعمة بالألياف الزجاجية fiberglass والبوليستر عنصراً أساسياً في حماية السطوح الأخيرة للمنشآت والمباني السكنية، وتعد مادة الإيبوكسي epoxy بأنواعها من أهم المواد المستخدمة في حماية السطوح الداخلية في المنشآت الخاصة بالصناعات الدوائية والغذائية والكيمياوية، لما تتمتع به من مقاومة كيمياوية عالية وتوافق مع شروط السلامة الصحية والبيئية، أما الرقائق اللدنة فتستخدم بصفة أساسية عند تنفيذ أحواض النفايات، فضلاً عن استخدامها في السدود التجميعية والبحيرات الاصطناعية.

ويولى العزل قدراً كبيراً من الاهتمام في المناطق الساحلية خاصة، إذ إنّ التأثير المباشر للمياه المالحة يسبب الاهتراء السريع لمواد البناء التقليدية.

ولا تقل متممات مواد العزل أهمية عن مواد العزل نفسها، وهي تتكون من مواد مطاطية ومعاجين خاصة لفواصل التمدد ومواد لاصقة لحماية أنواع العزل الحراري والصوتي والمائي ومواد التأسيس، إضافة إلى متممات التثبيت من براغ وأسافين ولفائف ومواد رابطة ولاصقة يتلاءم تركيبها مع مواد العزل الأساسية وتكوِّن معه النظام المتكامل للعزل المطلوب تنفيذه، ويجب أن تصنع هذه المنتجات من مواد ذات جودة عالية لتضمن عمل نظام العزل المستخدم وكفاءته وملاءمته لطبيعة استخدام المنشأة وعدم تسببها بتأثيرات سلبية في البيئة.

أنواع العزل المائي:

تطبيق معجونة عازلة على الأسطح الرافعة لمنشأة مائية

طينة عازلة تطبق بواسطة القذف

جوان عازل

فرش وتسوية طبقية عازلة للأسطح بواسطة المروحة

أنواع العزل المائي

يقسم العزل المائي تبعاً للطريقة المتبعة فيه إلى قسمين أساسيين:

العزل الإيجابي: وهو العزل المائي المعتمد بصورة عامة، ويمكن تعريفه أنه محاولة منع قطرة الماء من الدخول إلى الجسم المراد عزله وتحويل مسارها إلى مصرف يتم اختياره.

العزل السلبي: وهو العزل المائي من الجهة المقابلة لجهة خروج المياه في الجسم المراد عزله، ولا يُلجأ إلى هذه الطريقة إلا عند وجود صعوبة في تطبيق العزل الإيجابي.

المعايير الواجب توافرها في المواد العازلة:

المعايير هي مجموعة المواصفات الضابطة لأي نوع من أنواع مواد العزل والتي يسترشد بها عند اختيار نوع مادة العزل المراد تطبيقها.

تتنوع مواد العزل، كما تتنوع مكوناتها ؛ وليس من السهولة التوصل إلى تقييم جودة هذه المواد من دون اللجوء إلى مخابر تخصصية قد لا تكون متوافرة في كثير من بلدان العالم، إذ إنها تحتاج إلى إمكانات علمية كبيرة وتجهيزات عالية الأداء، لذا تقوم بعض الجهات المنتجة لمواد العزل بالالتزام بتطبيق المعايير والمواصفات العالمية لمراقبة الجودة على منتجاتها، ويكون ذلك موضحاً بالوثائق المرفقة لهذه المنتجات والتي تتضمن عادة شهادات اختبار مطبّق على هذه المواد في المختبرات العالمية المتخصصة.

تُختار أنواع المواد العازلة ومواصفاتها تبعاً لوظيفتها وللشروط التنفيذية لعملية العزل المائي، لذا لابد من أن يكون قرار اختيار المواد بيد جهة هندسية مسؤولة متخصصة، وأن تطبق أنظمة العزل بوساطة (الورشات) التخصصية لضمان تنفيذها جيداً وفقاً للمواصفات.

تطبق الشروط الأكثر صرامة في اختيار مواد العزل المائي في المنشآت المائية المتعلقة بمياه الشرب وفي تنفيذها، فمثلاً، لا يكفي أن تكون مواد العزل غير سامة لتستخدم في عزل هذه المنشآت، بل يجب أن تكون مصنعة وفقاً لقوانين ومواصفات عالمية وتحمل شهادات اختبار خاصة لصلاحيتها لمياه الشرب، عدا المعايير الأخرى التي تتحكم في اختيار مادة العزل مثل رطوبة السطح الذي تطبق عليه وحرارته، والتصاقها به، وطبيعة استثمار السطوح المعزولة وغيرها.

تختلف المعايير المطلوب توافرها في مواد عزل خزانات مياه الشرب عن تلك المطلوبة في مواد عزل خزانات الري والسقاية، ففي الحالة الأولى يجب ألا يكون للمواد أي تأثير على لون الماء وطعمه ورائحته، الأمر الذي لا ضرورة له في الحالة الثانية.

أما فيما يخص الملدّنات admixtures المستخدمة في الخراسانات فيفترض أن تكون خالية من الكلور لما له من تأثير في حديد التسليح الموجود في الخرسانة، وأما المعايير الضابطة للرقائق الإسفلتية فلابد من أن تكون متناسبة مع مكان استخدامها، فبعض الرقائق تتحمل حرارة منخفضة تصل إلى 40 درجة مئوية تحت الصفر، في حين يتحمل بعضها الآخر 18 درجة مئوية تحت الصفر وتستخدم في مناطق أقل برودة، ويرتبط هذا كثيراً بعامل مرونة المادة ونقاء أساسيات المواد المركبة لها[1].

كذلك فإن مقاومة أشعة الشمس يجب أن تكون أحد المعايير الأساسية في اختيار المادة بحيث توفر المرونة الكافية لتحمل فروقات درجات الحرارة صيفاً أو شتاء.

إنّ اختيار المواصفة الجيدة للمعاجين التي تعدّ من أهم متممات أنظمة العزل بأنواعها كافة أمر على قدر من الأهمية، كذلك لابد من تمييز المواصفة الخاصة للمعاجين الداخلية من المعاجين الخارجية، وكذلك فإن عامل المرونة الذي يختلف من نوع لآخر يعدّ ضرورياً في اختيار النوع المناسب.

من الطبيعي أن تكون هذه المعايير واضحة في دفاتر الشروط الفنية بحيث لا تترك مجالاً للالتباس عند اختيارها، كما لابد من تمييز المواصفة المناسبة للمكان المناسب، كأن تحوي طلاءات الإيبوكسي على خاصية مقاومة الأشعة فوق البنفسجية إضافة إلى خاصية مقاومتها الكيمياوية عند استخدامها في طلاء الطبقات الخارجية.

المحافظة على أنظمة العزل وصيانتها:

تحتاج أنظمة العزل المختلفة إلى رقابة لمنع سوء استخدامها، وكذلك إلى صيانة دورية، إذ إن الإهمال في الكشف عن هذه الأنظمة قد يؤدي إلى نتائج خطيرة على البيئة وسلامة المستهلك.

---

(1) DAVID SCHAEFER, Water Absorption of Insulation in Protected Membrane Roofing Systems (U.S. Cold Regions Research and Engineering Laboratory 1976).

وكما أن تطوير أنظمة العزل يهدف إلى حماية الإنسان من العوامل الطبيعية، فإنه لابد بالمقابل من المحافظة على النظام البيئي من خطر الإنسان نفسه، لذا صدرت مؤخراً قوانين صارمة لضبط تصنيع مواد العزل لجعلها صديقة للبيئة[1].

العمارة الإسلامية : Islamic architecture

عبّرت الشعوب عن نفسها، في الفترات التاريخية المختلفة، من خلال نشاطاتها الحضارية في الفنون والآداب والعلوم بمختلف أنواعها، وظل الفن المعماري والعمراني من أغنى الدلالات على تقدم الشعوب ورقيّها، وإذا كانت الحضارة هي نتاج شعب، أو أمة ما، في مختلف مجالات الحياة، فإن الفن المعماري تجسيد لكل المفاهيم، واختزال للقيم والمعتقدات والثقافات الخاصة بأي حضارة.

لم تكن الأهرامات حجماً يعبر عن مجال التصميم وإعجاز الإنشاء فحسب، وإنما هو قبل كل شيء بناء يعبّر عن فكر وفلسفة الخلود لدى الشعوب المصرية القديمة، وكذلك الزقورات Ziggurats في بلاد الرافدين التي هي عبارة عن أبراج تحوي في مناسيبها العلوية معابد صغيرة للآلهة، ويعبّر ارتفاعها عن الارتقاء نحو السماء، منزل الآلهة، والأمر نفسه ينطبق على المعابد والأوابد monuments اليونانية والرومانية والبيزنطية، كلّ حضارة حسب معتقداتها وفلسفتها الخاصة بها، وصولاً إلى ناطحات السحاب التي تعبر عن سلطة المال وسيطرة الاقتصاد الحرّ على كل ما حوله.

والدين الإسلامي، الذي انطلق من كلمة موجزة "اقرأ" في حيز كهف حراء، كان إعلاناً بالمضمون العلمي والدنيوي للإسلام إضافةً إلى المضمون الديني، واستطاع الإسلام، بما ملك من فكر إنساني، أن ينتشر على رقعة واسعة تمتد من الصين شرقاً حتى تخوم العاصمة الفرنسية غرباً، وأنتجت الحضارة الإسلامية شخصية فنية متكاملة في العمارة والفنون وتخطيط المدن، لها خصائصها التي تميزها من غيرها من الحضارات في كل بقعة من البقاع التي انتشر فيها الإسلام،

(1) الموسوعة العربية، ملك حنا، المجلد الثالث عشر، ص176، (بتصرف).

واتّصف الفن المعماري والعمراني الإسلامي باستيعابه المدارس التي سبقته كافة، وكانت سائدة في آسيا الغربية، فحاورها طالب علم وفن، وتعلم منها ونهل من تراثها، ثم صار المعلم القدير، فصاغ ما أخذه بأسلوبه الخاص، واستطاع في مئة عام أن يبلور هذه الشخصية الفنية وهذه الهوية الخاصة التي تميّزت بها الحضارة الإسلامية.

المدارس الفنية السابقة للعمارة الإسلامية:

تجاوز الإسلام حدود الجزيرة العربية منتشراً في المناطق التي كانت خاضعة لسيادة الإمبراطوريتين البيزنطية والفارسية، وكانت مسرحاً لأغنى الحضارات وأكثرها رقيّاً، ومن ثم ورث عن هاتين الإمبراطوريتين تقاليدهما المعمارية والعمرانية، التي كانت أصلاً ممتزجة بالتقاليد traditions الفنية المحلية لمناطق نفوذهما، وكانت تسودها المدارس المعمارية والفنية الآتية:

1- المدرسة البيزنطية أو المسيحية الشرقية: كانت منتشرة في آسيا الصغرى (تركيا) وسورية وفلسطين وشرقي الأردن، وقد وقعت هذه المنطقة تحت التأثير الكلاسيكي نحو 1000 عام منذ عهد الإسكندر حتى الفتح الإسلامي، وتأثرت بالموجات الهلنستية.

2- المدرسة الفارسية: كانت سائدة في العراق وفارس، وتأثرت هذه المدرسة بالفنون المعمارية والزخرفية المقتبسة عن المدرسة الرافدية mesopotamian التي كانت سائدة في الألفين الثالث والثاني قبل الميلاد.

3- المدرسة القبطية: كانت منتشرة في مصر، وهي وريثة المدرسة المصرية القديمة العريقة، التي تجاوزت تأثيراتها الحدود المصرية.

تنوع التعبير المعماري في المدرسة الإسلامية:

استفاد العرب المسلمون من التقانات والأنماط التقليدية التي كانت سائدة في البلاد التي فتحوها في إشادة المباني والمنشآت، وذلك في الفترة الأولى من المدرسة الإسلامية، ثم ما لبث أن تبلورت مدرسة فنية متكاملة تحمل هوية متجانسة على البلاد الإسلامية قاطبة، وصار من الصعب معرفة الأصول المقتبسة منها فتميزت من غيرها من

المدارس الفنية، ومردّ ذلك إلى عوامل مختلفة منها: العامل الديني، وهو أهم العوامل، أضفى الصبغة الإسلامية التي هي خلاصة للفكر والعقيدة الإسلامية على الأبنية الدينية والمدنية، كإشادة المساجد والجوامع وفق نظام وتخطيط معينين يلبّيان الحاجة الوظيفية وتأدية الصلاة، والعامل الآخر هو العامل الجغرافي، وتشابه المناخ النسبي في أقاليم الإسلام حيث غلب عليها المناخ الصحراوي والمتوسطي فتشابه النسيج العمراني في تخطيط المدن، وعُرِف ما يسمى بالنسيج المتراص أو العفوي، وفي المجال المعماري اتصفت العمارة بالتصميم البيئي، وذلك بالتأكيد على انغلاق المباني من الخارج وانفتاحها على الداخل حول باحة مكشوفة حيث الهواء الطلق والماء والسماء والنباتات.

تميزت العمارة الإسلامية بغنى مفرداتها المعمارية، واهتمامها بالنواحي الحياتية جميعها، فظهرت المباني الدينية من مساجد ومدارس وتكايا وزوايا وخانقاهات (دور الصوفية)، وأبنية مدنية كالدور والقصور، وأبنية عامة كالبيمارستانات (المشافي) والخانات (محطات استراحة المسافرين)، والحمامات والأسواق، كما ظهر الاهتمام بالحدائق والسبُل المائية على صعيد تخطيط المدن إضافة إلى العمارة العسكرية، وبُنيت القلاع والتحصينات والأربطة (قلاع دفاعية تقام على امتداد الشريط الساحلي)[1].

لم يقتصر غنى العمارة الإسلامية على تنوع ماهيات الأبنية وموضوعاتها، بل تميزت بغنى مفرداتها وعناصرها المعمارية، فمن هذه العناصر القباب domes/cupolas والقبوات والعقود vaults بمختلف أشكالها (أنصاف الدائرية penannulars، والمدببة pointed arches، والحدوية horseshoe arches، والمفصصة multifoil...)، والأقواس arches والمآذن minarets والمحاريب niches والأروقة porticos، والعناصر الانتقالية للقباب من مثلثات كروية pendentives ومقرنصات stalactites، والفراغات الداخلية المكشوفة، والعناصر المائية fountains فيها، والسُبل المائية الموزعة في أحياء المدن، والفسقيات (البحرات الداخلية)، والأواوين iwans (غرف جلوس ثلاثية الجدران تطل على الفناء)، وعناصر الزخرفة ornaments المختلفة، وبرز شأن

(1) JOHN D. HOAG, Islamic Architecture (Abrams, New York).

الكتابة inscription العربية عنصراً زخرفياً في مختلف الأبنية ورمزاً من رموز الديانة الإسلامية، وهي لغة القرآن الكريم.

البعد الفكري للمدرسة الإسلامية في العمارة:

اعتمد الفن الإسلامي على الرمزية symbolism والتجريد وسيلة في التعبير المعماري، فالرقش (الأرابيسك) arabesque/ ornamentation مثلاً هو حالة تعبيرية تفسيرية معينة للكون والوجود، حيث استطاع فن الرقش أن يصوّر الإنسان بشكله ومضمونه بما يمثله هذا المخلوق الصغير من عالم كبير ليس له نهاية، وبفلسفة صوفية تلاقت مع مبدأ تحريم التصوير والتشبيه في الإسلام.

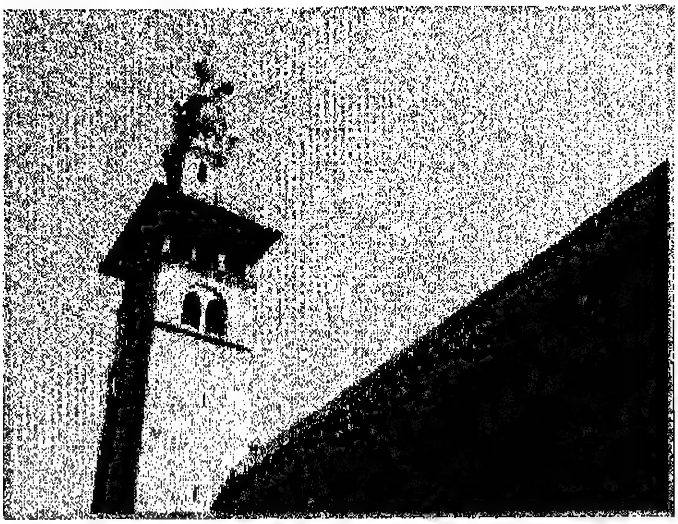
ولئن عرفت الحضارات المصرية القديمة والكلاسيكية (اليونانية والرومانية) استخدام الزخارف الهندسة والنباتية، فالمدرسة الإسلامية جعلت من هذه الزخارف مدرسة فنية لها أسلوبها وفلسفتها دُعيت بفن الرقش (الأرابيسك).

والمقرنص في العمارة الإسلامية هو عنصر اعتمد على فن الرقش بأبعاده الفلسفية عدا كونه عنصراً معمارياً للربط البصري بين الانتقال الشاقولي والخط المنحني.

وتجلت الرمزية أيضاً في العمارة الإسلامية بتأكيدها أشكال المربع والدائرة والعلاقة الجدلية بينهما، وهو ما يُلاحظ في مساقط الأوابد المعمارية المشهورة في التاريخ الإسلامي، فالمربع يمثل العناصر الأربعة المكونة للطبيعة في الفلسفة الصوفية وهي (النار والهواء والماء والتراب)، وأتت المئذنة لتعبر عن الارتقاء نحو السماء عن طريق الآذان والدعوة إلى أداء فروض الصلاة.

ولم تبتعد هذه الرمزية عن تنظيم المدن الإسلامية وتجلت في مخطط مدينة بغداد الدائري حيث المدينة حول المسجد الكبير، وقد يشعر الناظر إلى الصورة الجوية لمدينة غرداية Ghardaia /Taghardait الجزائرية، أنه أمام مشهد توحيدي تتجلى فيه المركزية التي تُشاهد في المدن الإسلامية وتُذكّر بمشهد الحجاج إلى بيت الله الحرام.

ملامح الفن المعماري والعمراني في أهم العصور الإسلامية:



مئذنة العروس أقدم مآذن الجامع الأموي في دمشق

- في العصر الأموي (41- 132هـ، 661- 749م): شهد هذا العصر أوابد معمارية دينية ودنيوية عدة، أهمها: المسجد الأموي في دمشق وقبة الصخرة والمسجد الأقصى في القدس، وعدّ المسجد الكبير في دمشق أهم منشآت التاريخ الأموي، وفي رأي سوفاجيه Sauvaget "أول نجاح معماري في الإسلام"، إذ استطاع الربط بين التقليد المعماري المسيحي بمفرداته المعمارية والصيغة المعمارية الجديدة التي أتت لتنسجم مع وظيفة البناء وروح الدين الجديد.

ولقد أثر هذا المبنى في بناء المساجد الإسلامية في مختلف العصور ومختلف مناطق انتشار الإسلام فيظهر ذلك جليّاً في مسجد القيروان وجامع الزيتونة في تونس الذي يشبه إلى حدٍّ كبير جامع القيروان.

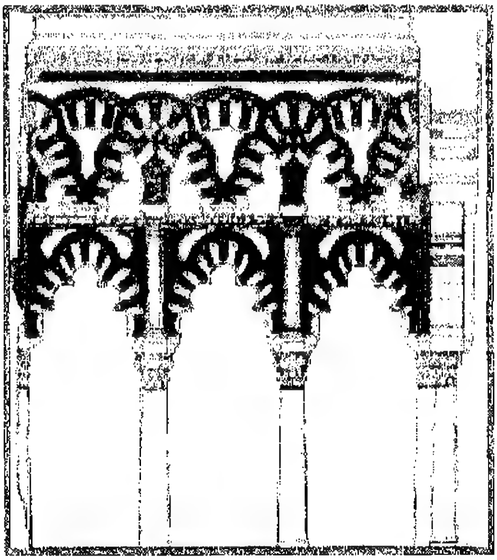
كذلك أشاد الأمويون القصور في بادية الشام لممارسة الصيد، ففيها بقايا نحو 30 قصراً، أهمها قصر الحير الشرقي، وقصر الحير الغربي، وقصير عمرة، وقصر المشتى، وقصر خربة المفجر.

تميز قُصير عمرة في الأردن باحتوائه على الرسومات الجدارية fresco paintings التي تمثل صوراً بشرية وحيوانية يعتمد عليها بعض الباحثين دليلاً على عدم صحة نظرية تحريم الصورة في الإسلام.

الانتشار العالمي للتأثيرات المعمارية الأموية:

في الأندلس:

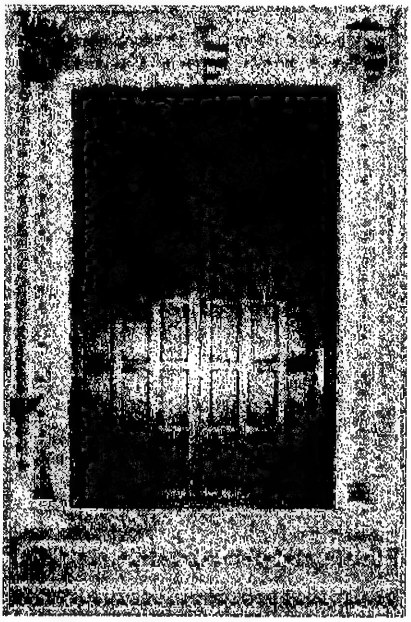
منظور داخلي لأقواس الجامع الكبير في قرطبة



مخطط تحليلي يظهر ثنائية الأقواس الحدوية والمفصصة المحمولة فوق بعضها.

دخلها المسلمون عام 93هـ/711م وأصبحت ولاية أموية عاصمتها قرطبة Cordoba ، واتخذ عبد الرحمن الثالث لقب خليفة ، بدأ عبد الرحمن الداخل بتشييد المسجد الكبير في قرطبة الذي استكمل في عهود لاحقة وأضيفت إليه العقود الحدوية والعقد المفصص الذي يُعد إحدى ابتكارات عصره، واستخدمت

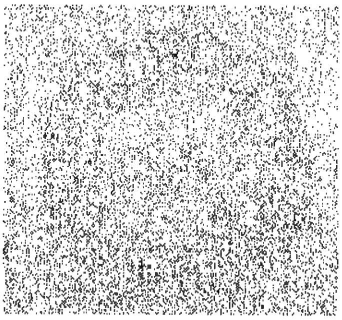
الشراريف في تزيينه وهي عنصر تزييني في أعلى البناء، ظهر في العمارة الشرقية ثم ما لبث أن انتشر في إسبانيا، اشتهرت عمارة هذا المسجد بأقواسه ذات النمط المعماري المعتمد على الثنائية المؤلفة من صف أقواس حدوية يعلوها صف آخر من الأقواس الحاملة للسقف، ويتداخل فيها الحامل والمحمول في ثنائية جدلية متكررة بمنظور perspective بلا نهاية، وقد استخدموا الحجر والرخام والآجر، كما أن هذه الثنائية ظهرت في تناوب اللونين الأحمر والأبيض في الأقواس التي دامت لاحقاً سمة من سمات العمارة الإسبانية.



مدخل إحدى قاعات القصر الملكي في باليرمو – صقلية، ويظهر الرقش العربي على محيط الباب

فريسك من قصير عمرة في الأردن

انتقل استخدام هذه الأقواس والتناوب اللوني فيها إلى العمارة المسيحية، وظهر ذلك في الكنائس، ولاسيما في العمارة الرومية والقوطية Gothic التي تأثرت بالأقواس الأندلسية، انتقلت عبر الحجاج المسيحيين من إسبانيا إلى فرنسا ومنها إلى أماكن أخرى، وتعدّ أبراج الأجراس في الكنائس الرومية والقوطية تقليداً للمآذنة الرباعية الشكل، التي انتقلت من المسجد الأموي بدمشق، وهناك الأقواس والقبوات المتصالبة groined vaults وأركان القباب والتيجان النباتية إضافة إلى الزخرفة العربية في أعمدة مواساك وفي باب كنيسة بوي، وفي واجهات العديد من الأبنية في غربي فرنسا.



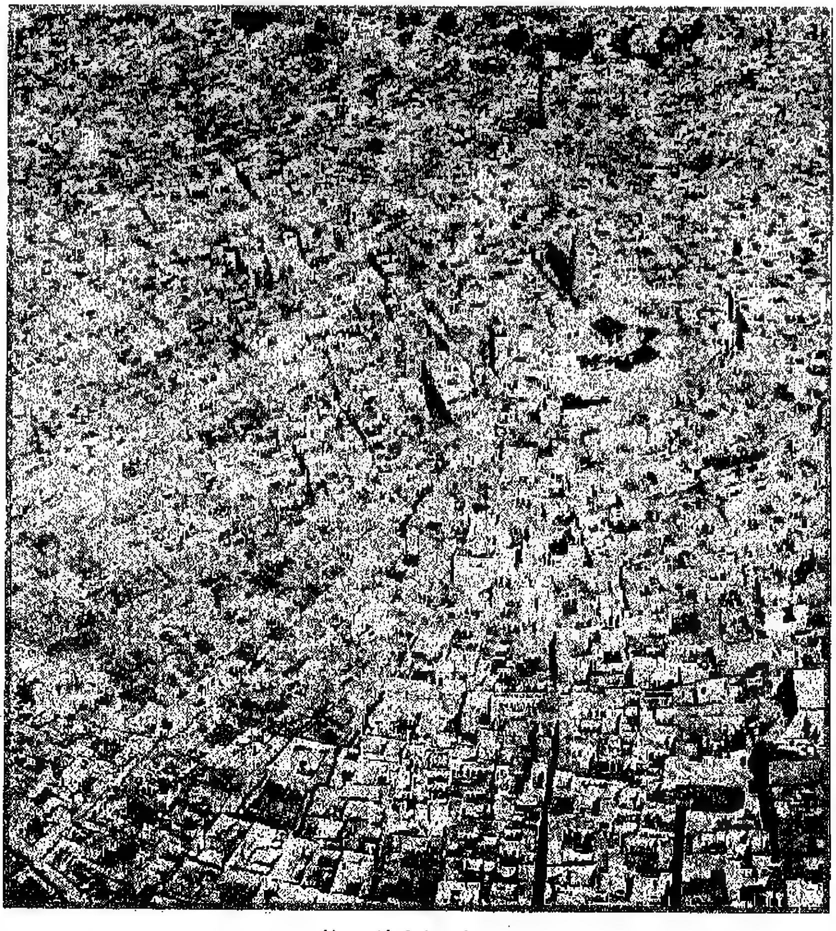
المسقط الدائري لمدينة بغداد

- في العصر العباسي (132- 358 هـ/749- 968م): تبلورت المدرسة الإسلامية في مجال تخطيط المدن، وشُيّد في هذا العصر مدن عدة مثل بغداد وسامراء والرقة، وبنيت المساجد كمسجد سامراء، ومسجد أبي دلف الذي يبعد نحو 15 كم شمالي سامراء، ومسجد ابن طولون في القاهرة، كما بنيت القصور ومن أهمها قصر الأخيضر جنوبي بغداد والجوسق الخاقاني في سامراء، وقصر بلكوارا قرب سامراء، ويتميز هذا القصر بتعدد الفناءات فيه، واحتوائه على أكثر من قاعة عرش، وباتساع حديقته واحتوائها على مرسى للزوارق على نهر دجلة.

تميزت المباني العباسية بتنوع أساليب الزخرفة فيها فاستخدمت الفسيفساء mosaic والخشب المحفور، والتقطيعات الرخامية والطينية المطلية بالميناء وبلاطات القيشاني faience وتنوعت أشكال الأقواس من نصف أسطوانية ومدببة ومفصصة وحدوية، كما أصبح الإيوان عنصراً معمارياً مهماً في المباني العامة.

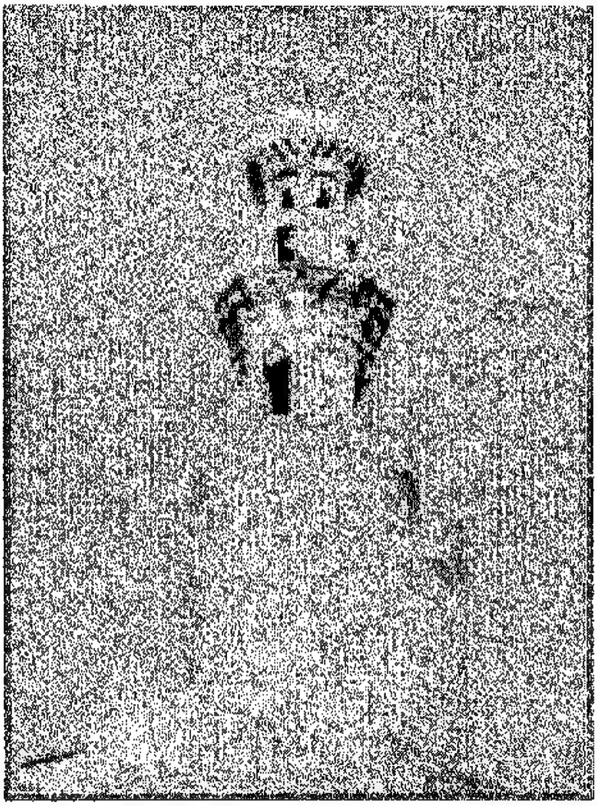
وامتد تأثير فن سامراء إلى صقلية حيث تبدو تأثيراته في الرسوم الجدارية التي تزين سقف كنيسة القصر chapel في باليرمو، التي حكمها المسلمون (212- 453هـ/827- 1061م) ومن بعدهم النورمانديون، الذين تبنوا كثيراً من التقاليد الإسلامية، ويظهر ذلك جليّاً من الكتابات العربية التي تزين سقف كنيسة القصر إضافة إلى التاريخ الهجري المدونة به.

في العصر الفاطمي (359- 468هـ/969- 1075م): كانت مصر مقراً للخلافة الفاطمية مدة قرنين (973- 1171م)، ويُعد مسجد الأزهر بالقاهرة أحد أهم المباني الدينية الفاطمية حيث تمتزج فيه تأثيرات العمارة الإغريقية التونسية مع المدرسة المحلية، وكذلك مسجد الحاكم بأمره، الذي يحمل اسمه، أما جامع الأقمر فتشكل الأشكال الصدفية للحنايا والتضليعات الموجودة في واجهته أول مثال للمقرنصات الزخرفية في مصر، ثم أصبحت تزين المآذن لاحقاً.



مدينة غرداية الجزائرية

على صعيد العمارة المدنية لم يبق من القصور الفاطمية سوى أوصافها التي تدل على فخامتها، وفي الجزائر بنى عمال الفاطميين القلاع، مثل قلعة بني حماد، وقصر دار البحر، الذي يتميز ببركته الواسعة التي شبهت بالبحر، وقصر المنار وهو أشبه بقلعة تتجلى فيها التأثيرات الرافدية في عمارة تلك القصور، وأهم العناصر المعمارية المميزة لهذا العصر المحاريب والأقواس المسدودة والمشاكي والمقرنصات والخزف والتطعيم بالغضار المطلي بالميناء، ويعد العصر الفاطمي عصر ترسيخ فن الرقش الإسلامي[1].



مئذنة مسجد ابن طولون في القاهرة

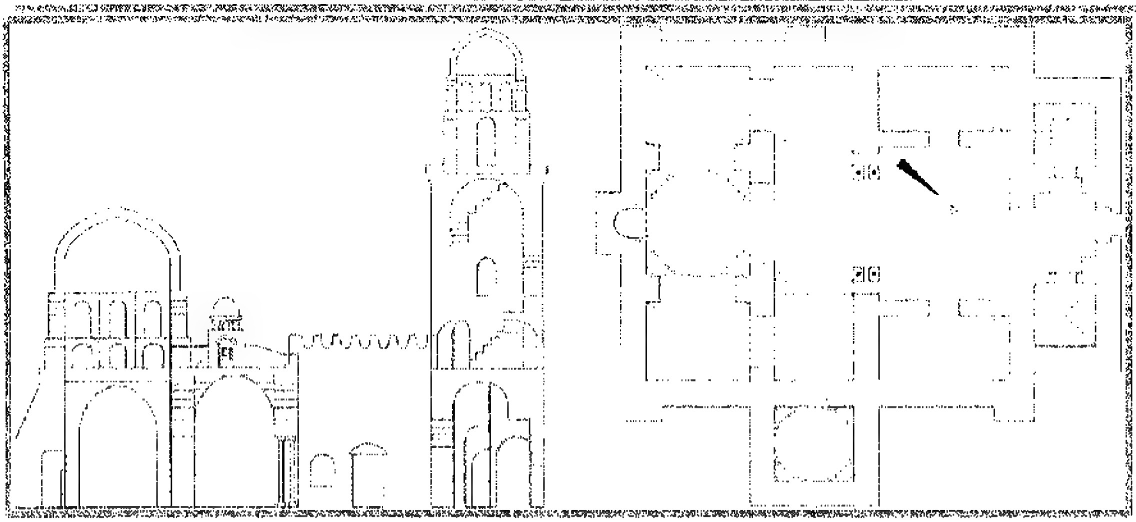
- في العصر السلجوقي: سادت الأسرة السلجوقية بغداد عام 447هـ/1055م، ودام حكمها حتى 569هـ/1174م، ومن أهم المباني الدينية السلجوقية المسجد الكبير في أصفهان ذو المخطط المصلب المستوحى من العمارة المدنية، ويتميز بالأواوين الأربعة المطلة على الصحن، وقد أصبحت فيما بعد الطابع المميز للمساجد الإيرانية.

(1) نجدة خماش، دراسات في الآثار الإسلامية (منشورات جامعة دمشق، مطبعة رياض، دمشق 1982).

أدخل السلاجقة الضريح mausoleum إلى جانب الجامع، وهو قبر tomb على شكل برج أو قبة إما ملساء أو محززة، وقبة ضريح السيدة زبيدة في العراق، وهي هرمية الشكل ثمانية الأضلاع، ومشابهة تماماً لقبة بيمارستان نور الدين الزنكي في دمشق، اهتم السلاجقة ببناء المدارس معاهد لتعليم الفقه والدين، كما اهتموا بالعمارة العسكرية، إذ تعود أصول قلعة دمشق للفترة السلجوقية.

أهم مميزات العمارة السلجوقية: مداخلها ذات الارتفاعات المنخفضة والمؤلفة من قوس مدبب متجاوز، واحتواؤها على أواوين تطل على الفناء من الجهات الأربع، إلا في حال وجود الحرم فتضم ثلاثة أواوين، ويتوسط الفناء عنصر مائي، وتغطي الفراغات قباب محمولة على حنايا ركنية أو مقرنصات، وتتنوع أشكال التغطية من قبوات ذات أشكال نصف أسطوانية وقبوات متصالبة وقباب، وتزين الأبنية الكتابات، وقد أدخلوا الخط النسخي أو الثلث للمرة الأولى، كما تطور فن النقش بأنواعه المختلفة، وفي إيران استخدموا الآجرّ بوضعيات غائرة ونافرة وبمداميك تتخللها درجات لونية مغايرة من أجل الزخرفة.

- في العصر الأيوبي (569 - 658هـ/1174- 1260م): أنهى صلاح الدين الأيوبي خلافة الفاطميين وحارب الصليبيين، واهتم بالحياة والعمارة العسكرية، ويعدّ فن العمارة الأيوبية امتداداً للعمارة السلجوقية سواء في مصر أم في سورية، تم توسيع المدن وتجديد الأسوار وتشييد القلاع (كقلعة دمشق) والمباني العامة الدينية والمدنية كالمساجد والمدارس (كالمدرسة العادلية الكبرى بدمشق) والخانقاهات والأضرحة، واستخدموا الحجارة الكبيرة ذات البطن المنتفخ، وتطور نظام استخدام القباب من حيث الارتفاع ونقاط الارتكاز، وطغى على مبانيهم سمة التقشف والبساطة التي تجلّت في المساقط المعتمدة على الباحة المربعة التي تتوسطها بركة ماء، واقتصرت الزخارف في المباني على أماكن محدودة في الأشرطة الزخرفية فوق مداخل الأبواب وإطارات النوافذ، وظهرت عناصر زخرفية جديدة تعلو مداخل الأبنية وهي الرنوك (الرموز، شعارات)، وقد أصبحت هذه المداخل أكثر ارتفاعاً يعلوها عقد مقرنص أو ذو قبتين صغيرتين.



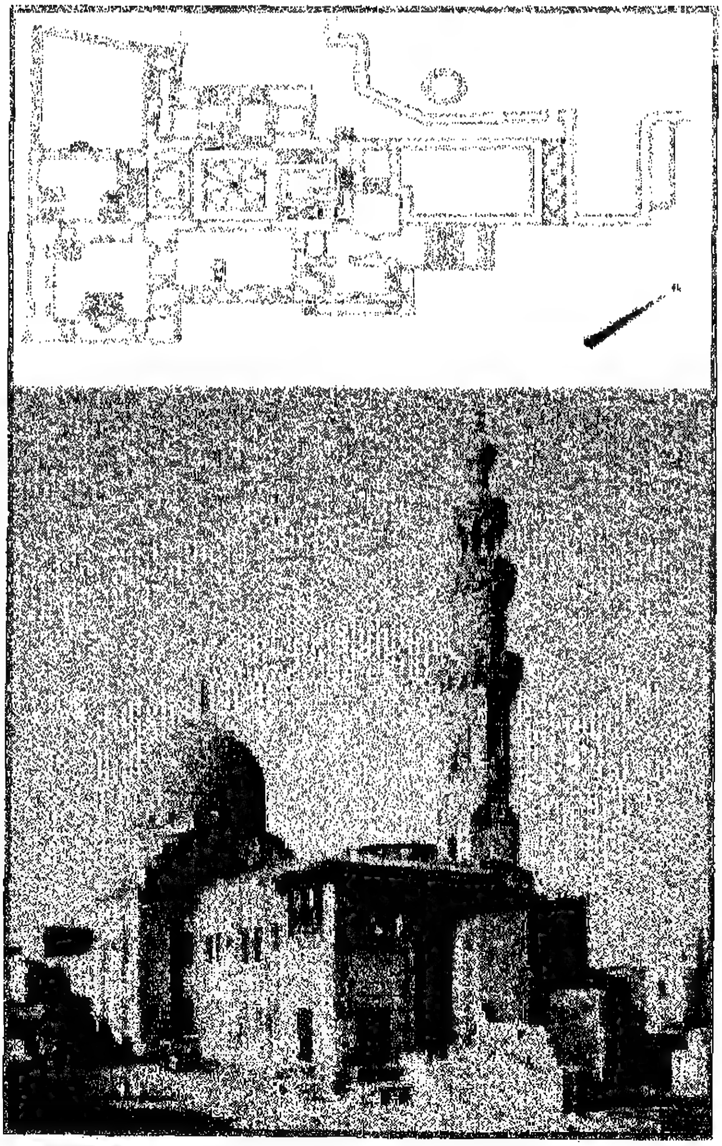
مسقط ومقطع في جامع الجيوشي في القاهرة

- في العصر المملوكي (658- 992هـ/1260- 1516م): حكم المماليك مصر والشام والجزيرة واليمن والحجاز وليبيا، وظهر تبادل التأثيرات العمرانية والمعمارية في مناطق حكمهم، الذي كان في فترته الأولى عصر ازدهار وعمران، ظهر في بناء القصور والمدارس والأسواق والحمامات وغيرها، وتميزت العمارة المملوكية بتنوع الزخارف، ولاسيما الرنوك التي شاع استخدامها، ولم يعُد الفناء عنصراً أساسياً في جميع المباني المملوكية إذ وجدت أبنية مملوكية من دون فناءات أو ذات فناءات مغطاة، كما في جامع التيروزي والمدرسة الجقمقية بدمشق، وكذلك للأروقة والأواوين، فلم تعد من العناصر التي تميز هذا العصر، وإن استخدمت أحياناً في بعض المنشآت[1].

اعتمدت العمارة المملوكية على الحجارة المنحوتة جيداً، وعلى تناوب اللونين الأبيض والأسود في حجارة المداميك contrasting stones، وأحياناً اللون الأصفر أو الأحمر، وقد يبدو التناوب اللوني مستخدماً على الواجهة كلها، أو في بعض أجزائها، وظهرت أشكال جديدة من الأقواس، وتطور استعمال القباب ذات الرقاب barrels، خاصة في العنصر الانتقالي للقبة، الذي كان عبارة عن حنية ركنية أو مقرنصات أو مثلثات كروية، كما ظهر أول مرة الشكل الأسطواني للمآذن.

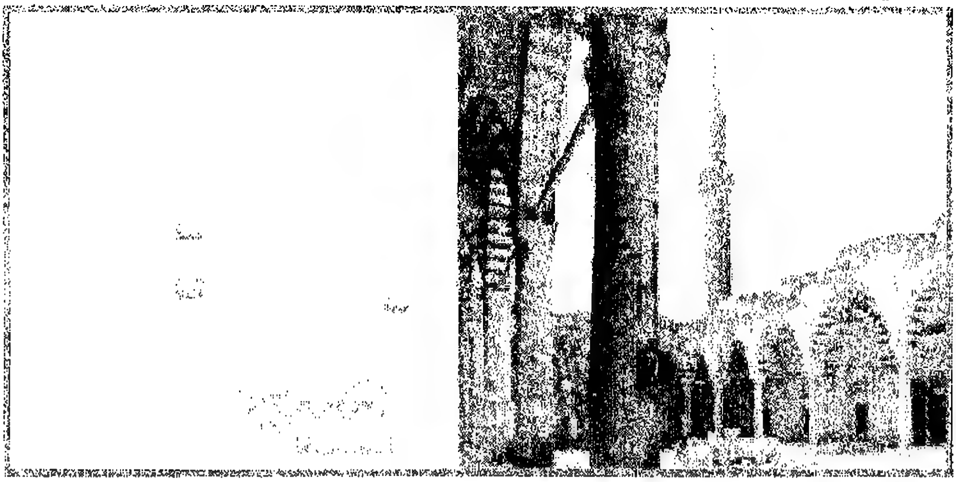
(1) عفيف بهنسي، خطاب الأصالة في الفن والعمارة (دار الشرق، دمشق، 2004).

قبة المدرسة النورية الكبرى بدمشق



جامع وضريح السلطان قيتباي في القاهرة وتظهر المئذنة ذات النمط المصري المملوكي مع مسقط الجامع

في العصر العثماني: قضى العثمانيون على الإمبراطورية البيزنطية عام 857هـ/1453م، وقد تأثرت المباني العثمانية بطراز كنيسة آجيا صوفيا/الحكمة الإلهية/ التي بناها الإمبراطور يوستنيان Justinian في القرن السادس الميلادي.



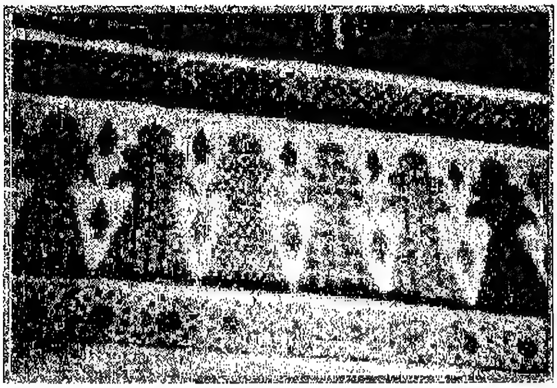
مسجد الشرفلي تكامي في أدرنة

تأثرت العمارة الإسلامية بالأساليب المعمارية المستخدمة في القسطنطينية، وبالفن المعماري السلجوقي، وبعد فتح العثمانيين بلاد الشام عام 922هـ/1516م امتزجت التقاليد المعمارية للعصر المملوكي مع التأثيرات العثمانية، وعلى صعيد العمارة الدينية أصبح الحرم مربع الشكل تغطيه قبة أحادية الرقبة تتخللها نوافذ الإنارة، ومن ثمّ لم يعد الحرم مقسماً إلى أروقة وأجنحة، ويسبق المصلى رواق مغطى بالقباب يطل على الفناء، أما المآذن فتميزت بالحسن والارتفاع وتأثرت بطراز القسطنطينية كما في مسجد السليمانية والسنانية بدمشق، وظهر بناء التكايا مثل التكية السليمانية.

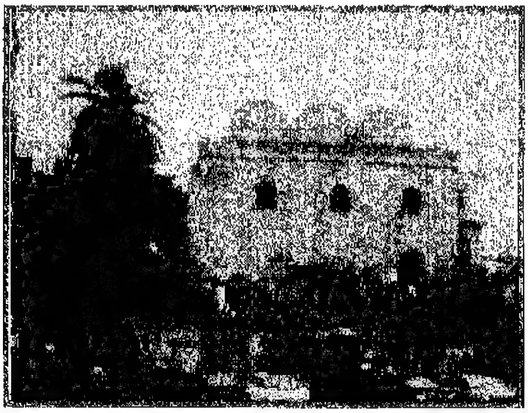
على صعيد العمارة المدنية شيد العثمانيون القصور والأحياء السكنية، وكانت دار السكن طابقين، السفلي للاستقبال /سلاملك/والعلوي للنساء/حرملك/، وبرزت الطوابق العلوية على الشارع وأخذ الأتراك عن السوريين القاعة ذات الجدران المزخرفة التي تتوسطها فسقية.

على صعيد القصور أو السرايات فكانت في اسطنبول مبنية وفق التقسيم الثلاثي أو ثلاثية الأجنحة وتتميز بروعة زخارفها، وفي بلاد الشام اتّخذ القصر أو

الدار الكبيرة التقسيم الثلاثي نفسه، فهنالك جناح الأسرة وجناح الضيوف وجناح الخدم (حرملك، سلاملك، خدملك)، وكل جناح له إيوان يطل على فناء مكشوف يتوسطه عنصر مائي وأحواض النباتات إضافة إلى حمام صغير مقسم إلى جواني وبراني ووسطاني، وللقصر أقبية وهناك طابقان، سفلي وعلوي، أما القاعات الكبيرة فكانت ذات أسقف مرتفعة يعادل ارتفاعها الطابقين.



كنيسة قصر النورمانديين في باليرمو/كنيسة بالاتين/ يظهر فيها الرقش العربي.



تأثير العمارة الإسلامية على المباني في جزيرة صقلية

وظهرت عناصر معمارية جديدة كالقوس العثماني وهو قوس مقعر نحو الخارج في جزئه العلوي، والجزء السفلي منه محدب، واستخدم القوس نصف الدائري المجزوء في فتحات النوافذ والأبواب/أي إن فتحته جزء من دائرة/ وبقي استخدام المقرنصات شائعاً في التيجان وعقود البوابات وعنصراً انتقالياً في القباب، وقد استخدمت بلاطات القاشاني ذات الموضوعات الزخرفية النباتية عنصراً رئيسياً في إكساء الجدران الداخلية وبعض أجزاء الواجهات فوق الأبواب والنوافذ، وقد غلب عليها اللونان الأزرق والأخضر، كما استخدمت الفسيفساء

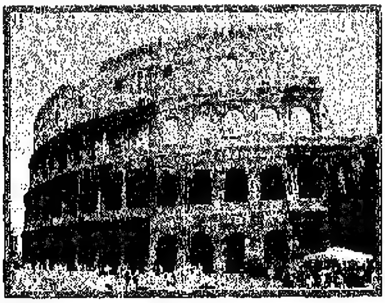
الرخامية/المشقف/والنوافذ الجصية المعشقة بالزجاج، وشاع استخدام الأبلق (زخارف ذات أشكال هندسية أو نباتية محفورة على الحجر ومملوءة بملاط جصي ملون) motley في تزيين الواجهات، كما شاع استخدام الخشب المدهون والمزخرف بالرسوم النباتية والهندسية الملونة/كما في قصر العظم - متحف التقاليد والصناعات الشعبية/ أو صور لمدن شهيرة أو مناظر طبيعية في إكساء الجدران والأسقف، وهو تأثير فن الباروك baroque والروكوكو rococo المنتشر في الغرب وهو ما شهدته قصور بلاد الشام ومساكنها (مكتب عنبر - وبيت المجاهد فخري البارودي) في المرحلة المتأخرة من العصر العثماني.

ولمع مهندسون معماريون أسهموا في تطوير العمارة الإسلامية، وسجلوا أسماءهم في تاريخها، أمثال المعمار سنان التي انتشرت أعماله في معظم العواصم الإسلامية.

مما تقدم يبدو أن المدرسة الإسلامية هي مدرسة فنية متكاملة ضمّت أنواع الفنون جميعها، من معمارية وعمرانية وفنون تطبيقية وغيرها، وأسهمت ولا تزال في بناء الحضارة الإنسانية[1].

عمارة: Building

العمارة هي فن وعلم تشييد وتصميم المباني ليغطي بها الإنسان بها احتياجات مادية (كالسكن مثلاً) أو معنوية وذلك باستخدام مواد وأساليب إنشائية مناسبة.

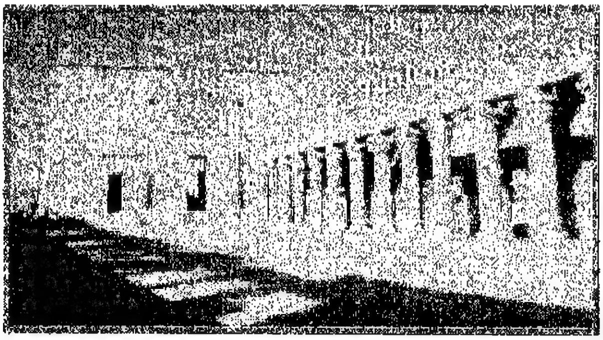


منظر خارجي الكولسيوم بإيطاليا

(1) الموسوعة العربية، رضوان طحلاوي، المجلد الثالث عشر، ص460

مفهوم وفلسفة:

يعتبر المعماري فنان وفيلسوف بالدرجة الأولى، فهو من المفترض أن يعتمد في أي تصميم على مفاهيم وعناصر تتعلق بهدف وفكرة المشروع المطلوب، وهذا يتطلب ثقافة واسعة وخيال أوسع، لهذا نجد العمارة بحد ذاتها تتسع لتشمل عدة مجالات مختلفة من نواحي المعرفة والعلوم الإنسانية مثل الرياضيات والعلوم والتكنولوجيا والتاريخ وعلم النفس والسياسة والفلسفة والعلوم اجتماعية وبالطبع الفن بصيغته الشاملة، ويجب أيضاً الإلمام بنواحي ثقافية ومعارف أخرى تبدو بعيدة عن المجال مثل الموسيقى والفلك، هذا بالنسبة لمتطلبات ومفهوم العمارة، أما مجالات العمل المتاحة فهي مفتوحة بصورة واسعة للغاية، فتبدأ من تصميم المدن والتخطيط العمراني بها وتصل حتى تصميم أصغر منضدة بالمنازل وقطع الديكور والأثاث، فالمطلوب من المعماري في مرحلة التصميم وضع تصور كامل ومفصل للمشروع وربطه بالطبيعة والتقاليد والعادات الموجودة بالمنطقة، وإيجاد صيغة مناسبة من التصميم تترجم احتياجات الناس المستخدمين للمكان فيما بعد.



معبد فيلا بأسوان

تاريخ العمارة:

لكل حقبة من حقب الزمن طرازاً معيناً يميزها عن غيرها على الرغم من التقارب الزمني والمكاني بين بعضهم البعض.

منذ بدء الخليقة والإنسان يسعى لتلبية احتياجاته من المسكن حتى يتسنى له العيش، فبدء بالكهوف كمساكن جاهزة ثم بدء يتطور شيئاً فشيئاً حتى وصل

لاستخدام خامات البيئة المحيطة والأشجار والأحجار حتى وصلنا لما نحن فيه الآن ومن المؤكد أن عجلة التطور لن تقف حتى آخر الزمان.

مدارس العمارة:

مدرسة التكعيبية- مدرسة الديستيل- مدرسة المستقبلية- مدرسة التعبيرية أو الوصفية- مدرسة الوظيفية (Functionalism (architecture)- مدرسة البنائية- مدرسة التفكيكية- مدرسة تركيبية(1).

العنفة: Turbine

العنفة turbine آلة تحول الطاقة الكامنة لجسم التشغيل (بخار ماء أو غاز أو سائل (ماء)) إلى طاقة ميكانيكية (عمل).

لمحة تاريخية:

تذكر بعض المراجع أن أول عنفة صُنعت منذ نحو 2000 عام من قبل هيرو Hero من الإسكندرية، كان مبدؤها يعتمد على نفث البخار والاستفادة من رد الفعل الناتج منه، وصنع أفري Avery من سيراقوس بنيويورك وولسون Wilson من غرينوك نحو عام 1837 تصميماً لآلة بالمبدأ نفسه (دواليب بخار متعددة رد الفعل) استخدمت في آلات الغزل، وسُميت آلة أفري، قطرها الدوار خمسة أقدام (n5feet)، وسرعة دورانها 880 قدم بالثانية (n880 feet/sec).

كانت بداية التطور الحقيقي للعنفة في العام 1883عندما سجل المهندس السويدي كارل غوستاف باتريك دي لافال Carl Gustaf Patrick de Laval أول براءة اختراع في مجال العنفات، وقام المهندس الإنكليزي تشارلز ألجرنون بارسونز Charles Algernon Parsons عام 1884 بتصنيع أول عنفة حرارية صناعية، استُعملت هذه الآلة البخارية المكبسية استعمالاً رئيساً في مجالات تشغيل المصانع والسفن حتى عام 1900، وبدئ بعدها باستعمال أوسع للعنفة البخارية.

---

(1) ويكيبيديا، الموسوعة الحرة، (بتصرف).

تطور استخدام محطات توليد الطاقة الكهربائية ذات العنفة البخارية التي تميزت بالاستطاعات العالية وزيادة في قيمة المؤشرات (parameters) الترموديناميكية للبخار (ضغط ودرجة حرارة، ...) ما بين الأعوام 1925 - 1950، ووصلت الاستطاعات حالياً في هذه المحطات لأكثر من مليون كيلوواط، وبدئ منذ عام 1960 باستخدام العنفة البخارية في المحطات النووية.

تذكر بعض المراجع أن أول براءة اختراع للعنفة الغازية مُنحت للإنكليزي جون باربر John Barber عام 1791، أي قبل أكثر من مائة عام لأول براءة اختراع لنموذج عنفة بخارية استُخدم عملياً من قبل دي- لافال وبار سونز، وذلك قبل أن يضع كارنو Carnot أُسس العمل في مجال علم الترموديناميك عام 1824.

تأخر تطور العنفة الغازية نحو خمسين سنة عن تطور العنفة البخارية، وظل تصنيع عنفة غازية لفترة طويلة مستحيلاً من الناحية التقانية، للافتقار إلى المعرفة الجيدة في مجال ديناميك الموائع التي لم تسمح بتصنيع ضاغط ذي مردود عالٍ، إضافة إلى عدم توافر المعدن ذو المواصفات المناسبة لتحمل درجة حرارة نواتج الاحتراق العالية، استمر ذلك حتى عام 1937 عندما استطاعت شركة بروان بوفري Brown Boveri السويدية تطبيق هذه الفكرة.

بنية العنفة:

تتكون العنفة من الأجزاء الآتية:

1- الجزء الدوار (القرص الدوار) وتثبّت على محيطه الشفرات (الريش) العاملة، ويدعى صف ريشات متحركة.

2- الجزء الثابت (القرص الثابت) أو الغطاء وتثبّت على محيطه الريشات (الشفرات) الثابتة ويدعى صف ريشات ثابتة.

3- المجرى (الفوهة) هو الفراغ بين صفين من الشفرة العاملة والثابتة، وتشكل الأجزاء الثلاثة ما يسمى المرحلة، فإذا كانت العنفة مكونة من صفوف عدة على التسلسل دُعيَت عنفة متعددة المراحل.

أنواع العنفات:

1- عنفات مائية تحول الطاقة الكامنة للماء إلى طاقة ميكانيكية (عمل ميكانيكي).

2- عنفات حرارية تحول الطاقة الحرارية لجسم التشغيل (بخار، ماء، غاز) إلى طاقة كامنة ثم إلى طاقة ميكانيكية (عمل ميكانيكي)، وتقسم حسب طبيعة جسم التشغيل إلى: عنفات بخارية وعنفات غازية.

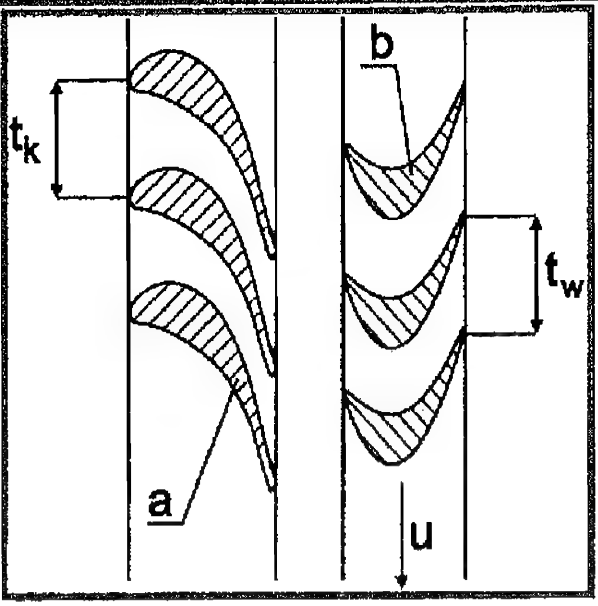
يتحدد مبدأ عمل العنفة عامة بتحويل الطاقة الحرارية لجسم التشغيل الغازي إلى طاقة ميكانيكية (عمل ميكانيكي) مروراً بالطاقة الكامنة (طاقة حرارية، طاقة كامنة، طاقة ميكانيكية) أما إذا كان جسم التشغيل سائلاً، فإن الطاقة الكامنة تتحول عندها إلى طاقة ميكانيكية، كما في حالة العنفة المائية، وتتم عملية تحويل الطاقة في العنفة في مراحل عدة:

(1) تحول بعض المكونات الطاقة الحرارية إلى طاقة كامنة (وتسمى عناصر التمدد).

(2) تحوّل الشفرات العاملة الطاقة الكامنة إلى طاقة (عمل) ميكانيكية، وتعرف المجالات التي يحصل فيها تمدد جسم التشغيل بالفوهات المتصلة تصميمياً مع الجزء الثابت للعنفة، وتشكل الشفرات المتحركة جزءاً من القرص الدّوار الذي يقوم بحركة دورانية.

(3) مرحلة العنفة، ويتحدد فيها مجال تمدد جسم التشغيل بين صفين من الشفرات العاملة والشفرات الثابتة (ما يعرف بالعنفة وحيدة المرحلة التي نادراً ما تُستخدم)، وغالباً ما تُستخدم العنفات متعددة المراحل المتصلة على التسلسل لتحسين المردود للعنفات.

تبنى العنفات أساساً ليكون جريان جسم التشغيل محورياً، أي ليكون اتجاه الجريان عبر نظام الشفرات وفق محور العنفة ثم ينحرف على محيط الشفرات (محيطياً)، وفي هذه الحالة لا يحصل جريان باتجاه قطر الشفرة لأن المركبات القطرية لسرعات الجريان صغيرة ويمكن إهمالها.



الشكل (1) مخطط مرحلة عنفة محورية (مرحلة محورية)

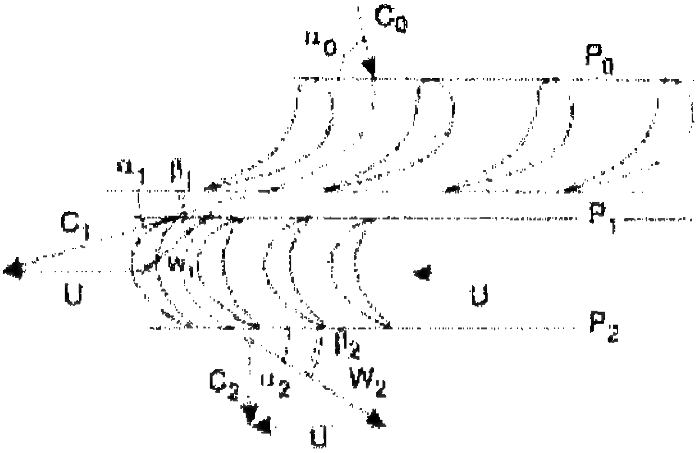
a- الفوهة (القرص الموجهة)، b- الريش العاملة (الدوارة)، c- جسم العنفة، d- الجزءالدوار،
m- تدفق جريان جسم التشغيل عبر المرحلة، tk, tw- مجالا الريش الموجهة والريش الدوارة.

يبين الشكل (1) مخطط المرحلة لعنفة محورية، وكيفية توضع الشفرات الموجهة a للجريان على محيط الصحن (الثابت) القائد كاملاً، يدعى المجال tk المحدد بين مقطعين متجاورين بقناة الفوهة حيث يمر الجريان عبرها، بينما يحدد المجال tw المسافة بين مقطعين متجاورين من الشفرات العاملة b الموضوعة على محيط الصحن الدوار كاملاً، (وعموماً tk لا تساوي tw).

يدخل جسم التشغيل ذو المؤشرات (البارامترات) الترموديناميكية العالية (ضغط ودرجة حرارة) بسرعة كبيرة إلى الفوهة في العنفة الحرارية فتنخفض مؤشراته (ضغط، درجة حرارة) نتيجة تمدده، مما يؤدي إلى تدوير الشفرات العاملة بسرعة محيطية مركباتها السرعة النسبية والسرعة المطلقة.

- w- السرعة النسبية هي سرعة الغاز عند مخرج الفوهة وزاويتها β.
- c- السرعة المطلقة هي سرعة الغاز عند مدخل الفوهة وزاويتها a.
- u- السرعة المحيطية هي المجموع الشعاعي للسرعتين النسبية والمطلقة. يمكن تمثيل هذا المجموع بشكل مثلث أضلاعه تمثل أشعة السرعات الثلاث

السابقة، ويبين الشكل (2) المقطع العرضي لمرحلة العنفة ومثلث السرعات، ولكل من شعاع السرعة النسبية والسرعة المطلقة ثلاث مركبات محيطية ومحورية وقطرية، يكون الجريان ثنائي البعد (جريان باتجاهي محور ومحيط العنفة فقط) عادة في معظم الآلات وقيمة مركبته القطرية مهملة[1].



الشكل (2) مقطع عرضي للمرحلة ومثلث السرعات

تصنيف العنفات:

تصنف العنفات وفقاً لما يأتي:

- حسب تمدد جسم التشغيل: تكون عنفة فعل أو عنفة رد فعل (ذات مراحل سرعة أو ذات مراحل ضغط أو مركبة سرعة وضغط).
- حسب عدد المراحل: وتكون إما وحيدة المرحلة أو متعددة المراحل.

ثمة نظامان أساسيان لعمل مرحلة العنفة:

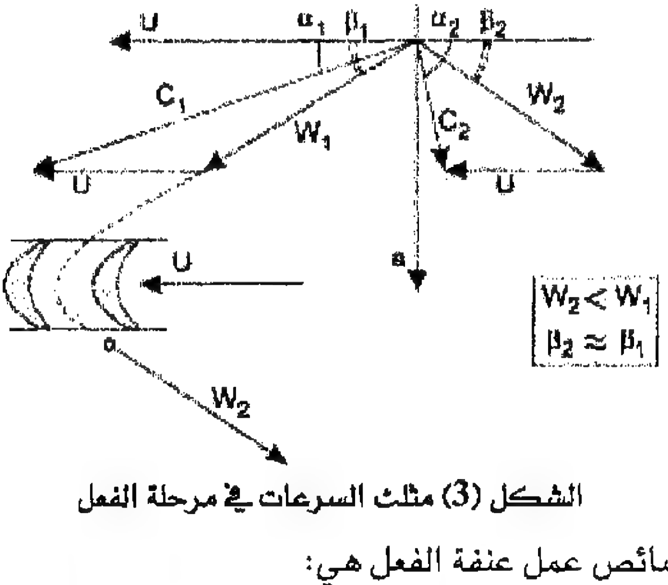
1- نظام عنفة الفعل: يتم تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة حركية في الفوهات، وتساوي قيمة الضغط ما بعد الفوهة قيمته ما بعد القرص الدوار، وعندما يحصل تمدد البخار من دون ضياع حراري (تمدد مثالي) تكون السرعة عند مخرج الشفرات العاملة (السرعة النسبية) مساوية للسرعة عند الدخول إليها (w1= w2)، أما إذا حصل التمدد مع ضياعات بسبب الاحتكاك الناتج من

(1) HEINZ P. BLOCH, A Practical Guide to Steam Turbine Technology (McGraw-Hill Professional; 1 edition 1995).

اصطدام جزيئات جسم التشغيل بشفرات العنفة، فإن السرعتين لا تكونان متساويتين ($w1 > w2$)، ويسمى بالمبدأ الفعال للعنفة عندما تكون قيمة $w2$ أصغر بكثير من $w1$، ومعامل السرعة للشفرات (ψ تراوح قيمتها بين 0.8 و0.9)، حيث $w1 = \psi . w1$.

وتكون قيمة العمل أعظمية (جول/كغم) حينما تصبح قيمة السرعة عند مخرج الفوهة ($c2$) أصغر ما يمكن، ويتحقق ذلك حينما تكون زاوية شعاع سرعة الخروج المطلقة $a2=90$، وزاوية شعاع سرعة الدخول المطلقة $a1= 0$ التي تكون عندها السرعة المطلقة عند الدخول مساوية ضعف السرعة المحيطية للريشة $c1=2u$، وتكون في هذه الحالة الطاقة الحركية للبخار قد استغلت كاملة.

تعطي عملياً $a\alpha1$ قيمة تراوح بين 14 و20، وتعطي قيماً أقل عند وجود احتكاك، وهذا هو مبدأ عمل عنفة الفعل، يبين الشكل (3) مثلث السرعات في مرحلة عنفة الفعل.



الشكل (3) مثلث السرعات في مرحلة الفعل

أهم خصائص عمل عنفة الفعل هي:

أ- يتم داخل الفوهات تحويل الطاقة الكامنة إلى طاقة ميكانيكية.

ب- السرعة المطلقة لدخول جسم التشغيل إلى الشفرات تطابق سرعة الخروج من الفوهة.

ج- لا يحدث تمدد لجسم التشغيل على الشفرات وتبقى سرعته النسبية ثابتة.

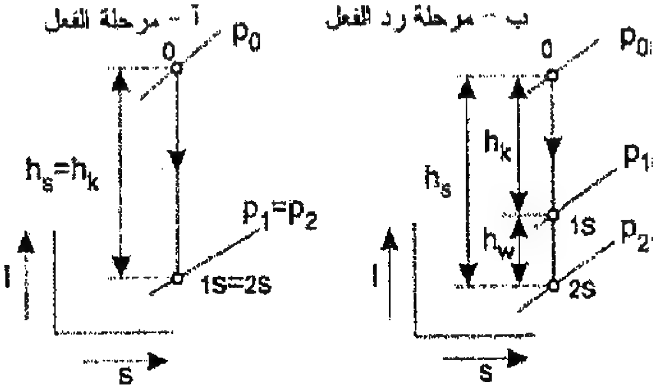
2- نظام عنفة رد الفعل: يتمدد جسم التشغيل في هذا النظام على مرحلتين، يبدأ التمدد في الفوهة ويتحول جزء من الطاقة الحرارية إلى طاقة حركية، ويستمر التمدد في أثناء عبوره القرص الدوار وتكون السرعة النسبية عند مخرج الفوهة في هذا النظام أكبر منها عند مدخل الفوهة التي قبلها، يتحقق ذلك بجعل قناة الشفرات العاملة متناقصة المقطع.

يبين الشكل (4) التمدد المثالي (دون ضياعات) لجسم التشغيل في مرحلة الفعل (a) ومرحلة رد الفعل (b).

أخذ التمدد الكلي لجسم التشغيل hs في عنفة رد الفعل ليكون مجموع تمدد المرحلتين (hw تمدد على الشفرات العاملة وhk تمدد في الفوهات)، في حين تمّ التمدد الكلي لجسم التشغيل في عنفة الفعل في الفوهات وحسب (hs= hk).

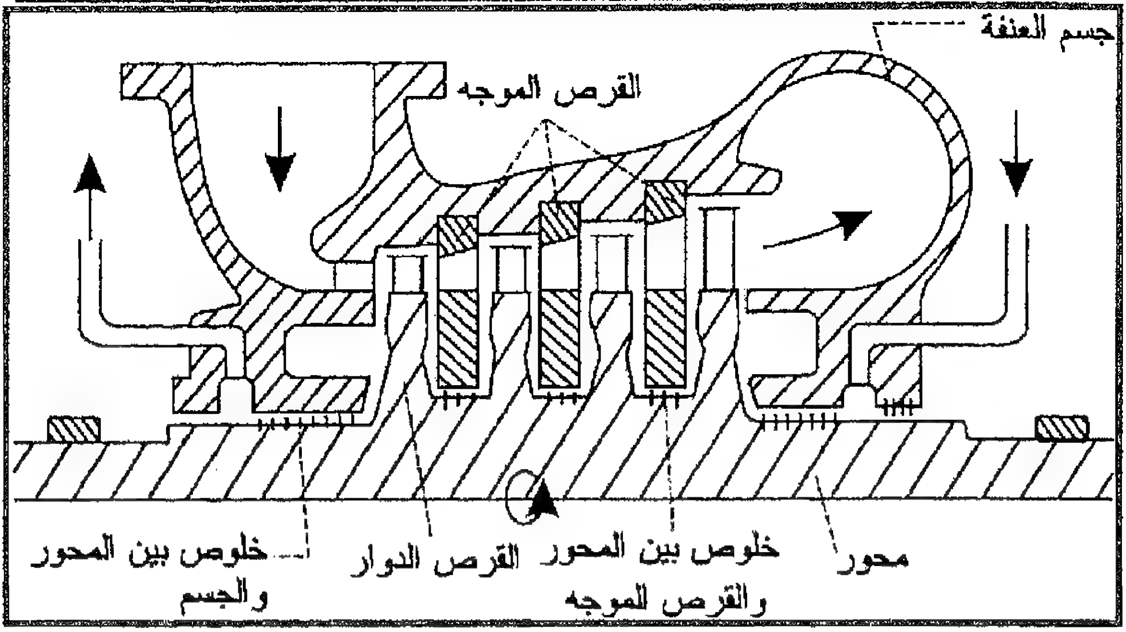
استعمل كلا النظامين مع بداية تطور العنفات البخارية، ولكن عملياً لا تصنع عنفات ذات فعل أو رد فعل بشكل كامل وإنما يتحدد ذلك بقيمة درجة رد الفعل التي تساوي نسبة تمدد جسم التشغيل على الشفرات العاملة على تمدده الكلي p= hw/hs.

يبين الشكل (5) عنفة فعل متعددة مراحل السرعة، ويتم تحويل الطاقة الكامنة إلى طاقة ميكانيكية في الفوهات (عنفة دي- لافال De Laval)[1].



الشكل (4) التحجول المثالي

(1) LESLIE FIELDING,Turbine Design: The Effect on Axial Flow Turbine Performance of Parameter Variation (American Society of Mechanical Engineers 2000).



الشكل (5) عنفة فعل

ويبين الشكل (6) عنفة رد فعل متعددة مراحل الضغط، يتم تحويل الطاقة الكامنة إلى طاقة ميكانيكية في الفوهات وعلى الشفرات الموجهة والعاملة أيضاً (عنفة بارسونز Parsons).

تمتاز عنفة رد الفعل بالخصائص الآتية:

1- يتم تحويل الطاقة الكامنة إلى ميكانيكية في الفوهات والشفرات العاملة.

2- ويكون فرق الضغط على طرفي القرص باتجاه محور العنفة.

3- السرعة المطلقة لجسم التشغيل عند الدخول للعنفة أكبر منها عند الخروج $c1 > c2$.

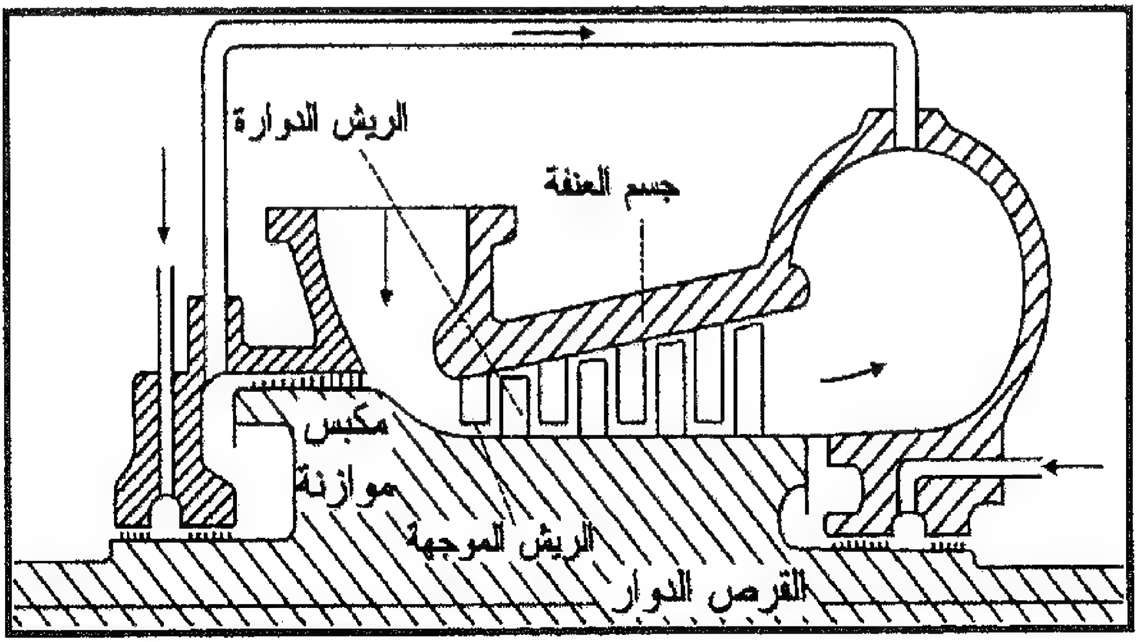
4- السرعة النسبية لجسم التشغيل عند الدخول للعنفة أصغر منها عند الخروج $w2 > w1$.

تطبيقات العنفات:

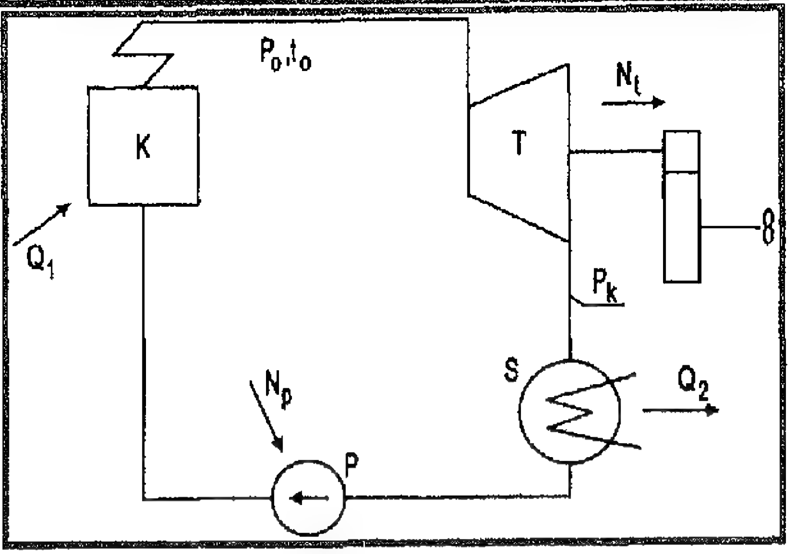
تُستخدم العنفات أساساً في محطات توليد الطاقة الكهربائية (بخارية، غازية، نووية، مائية) إذ تعد العنفة بنوعيها العنصر الأساسي في المحطة، وتعد العنفات البخارية الأكثر استخداماً في هذا المجال أو في محطات الأنظمة المركبة

الخاصة بتوليد الطاقة الكهربائية والحرارية لأغراض التدفئة في آن معاً، إضافة إلى استخدامها كآلة رئيسية أو مساعدة مع محرك احتراق داخلي (ديزل) لتشغيل البواخر، أما العنفات الغازية فتستخدم في مجال الطيران كمحركات نفاثة وللنقل إضافة لاستخدامها في محطات التوليد.

يبين الشكل (7) المخطط الحراري المبسط لمحطة توليد طاقة كهربائية ذات عنفة بخارية مبيناً عليه العناصر التي تتكون منها المحطة، مصدر الطاقة في هذه المحطات إما الفيول أو الغاز أو الوقود الصلب أو الوقود النووي، يذهب البخار المتولد في المرجل ذي المؤشرات الترموديناميكية (البارامترات) العالية (ضغط، درجة حرارة) إلى العنفة البخارية حيث يتمدد وتتحول الطاقة الحرارية إلى ميكانيكية تدير العنفة التي تدير المنوبة، ثم يدخل البخار بعد خروجه من العنفة إلى المكثف ليتكاثف ويعود إلى المرجل (دورة مغلقة) عبر مجموعة مسخنات (مبادلات حرارية استرجاعية) تقوم بتسخين الماء قبل دخوله المرجل بوساطة مضخة التغذية.

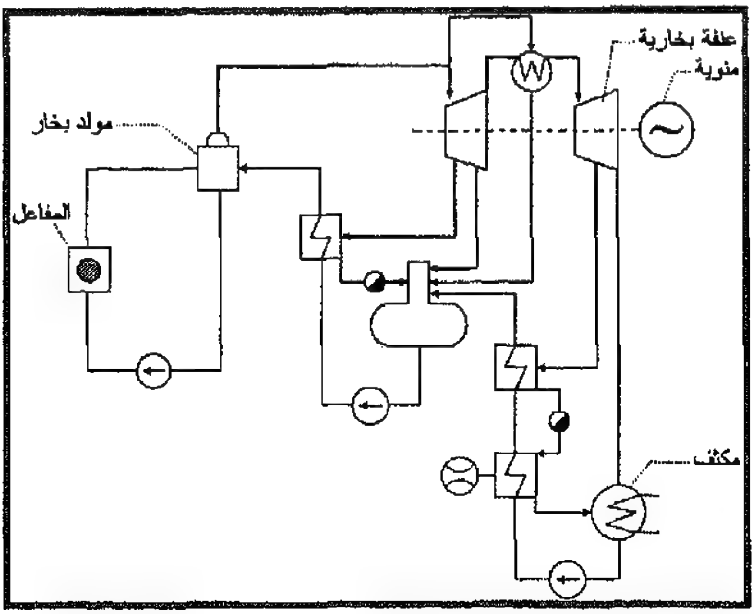


الشكل (6) عنفة رد فعل

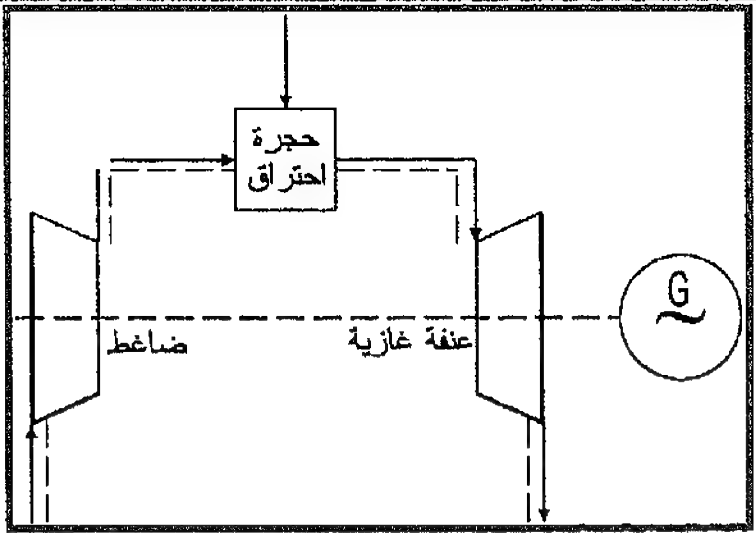


الشكل (7) المخطط المبسط لمحطة ذات عنفة بخارية K- مولد بخار (مرجل)، S- مكثف، P- مضخة مياه التغذية

يبين الشكل (8) المخطط الحراري لمحطة توليد طاقة كهربائية نووية، مصدر الطاقة في هذه المحطات من المفاعل النووي، وفي هذه المحطات دورة مغلقة للماء الذي يمر عبر المفاعل ليكتسب كمية الحرارة اللازمة لتبخر الماء في المولد، والدورة الثانية مغلقة أيضاً لبخار الماء الذي نحصل عليه من المولد، ويذهب إلى العنفة ويغلق دورته كما في الشكل 8.



الشكل (8) المخطط الحراري لمحطة نووية وعنفة غازية



الشكل (9) المخطط الحراري لمحطة ذات عنفة غازية

يبين الشكل (9) المخطط الحراري لمحطة توليد طاقة كهربائية ذات عنفة غازية، مصدر الطاقة هو احتراق مزيج الهواء المضغوط والوقود. تمر نواتج الاحتراق ذات المؤشرات (البارامترات) الترموديناميكية العالية عبر العنفة الغازية فتتمدد وتتحول الطاقة الحرارية إلى ميكانيكية، ثم تطرد الغازات إلى الوسط المحيط أو يستفاد منها في تسخين الهواء[1].

(1) الموسوعة العربية، عيسى مراد، المجلد الثالث عشر، ص594، (بتصرف).

حرف الغين

الغضار: Clay

المصدر الرئيسي للغضار clay هو الصخور السيليكاتية المعرضة للفساد، ولاسيما الصخور النارية الحمضية المفتقرة لفلزات الحديد، ويمكن للمواد الغضارية الناتجة من الفساد أن تنتقل لتتوضع في أماكن بعيدة عن المصدر الأصلي، وتُصنَّف في توضعات رسوبية، أو أن تتراكم في أمكنتها الأصلية، وتسمى عندئذٍ بتوضعات متبقية، ويمكن لتوضعات الغضار الرسوبية أن تكون بحرية، أو بحيريّة، أو دلتاوية، أو جليدية، أو نهرية[1].

أنواع الغضار:

يتألف الغضار من جزيئات ناعمة جداً تقاس أبعادها بالميكرونات، وقد بينت طرائق التحليل بالأشعة السينية تباين الصفات البللورية لكل نوع فلزي منها، وهي تشترك جميعاً على المستوى الذري بطبقات متناوبة من السيليكات والألمنيوم، وأشهر فلزات الغضار هي الكاولينيت والإيليت والمونتموريللونيت والكلوريت، ويُعدُّ الكاولين ذو اللون الأبيض من أجود أنواع الغضار، ويُستعمل في صناعة الخزف والبورسلين وفي صناعة الورق المصقول.

الخصائص الفيزيائية:

يتصف الغضار بقوامه العجيني اللدن عند تعرضه للماء، ويتحول إلى مادة قاسية عند تعرضه لحرارة عالية، وهذه المزيَّة تعطيه أهمية صناعية كبيرة، إذ إن خاصة اللدونة

(1) JAMES K. MITCHELL,Fundamentals of Soil Behavior (John Wiley & Sons Inc., New York 1993).

تسمح بتشكيله بالشكل المرغوب، ثم يشوى بالنار للحصول على الأدوات الخزفية، كذلك يتصف الغضار بمزية التماسك التي تساعد على الحفاظ على شكل العجينة الغضارية، ويتقلص الغضار في درجات حرارة عالية تختلف شدتها حسب نوعه، ويعدّ الغضار الأقل تقلصاً من أجود الأنواع، وينصهر الغضار في درجات حرارة منخفضة نسبياً تراوح بين 1000و 1400 درجة مئوية، يراوح السطح النوعي لغضار الكاولين ما بين 10- 20 م^2/غم، ويمكن أن تصل إلى 840م^2/غم لغضار المونتموريللونيت.

الخصائص الميكانيكية:

يتصف الغضار بنفاذيته المنخفضة بسبب صغر مساماته، وتؤثر هذه الصفة مباشرة في سلوكيته إذا ما قدرت بالترب الخشنة أو الرمل ذي النفاذية العالية، لذلك يُلحظ أن التوضعات الجيولوجية الغنية بالمواد الغضارية هي ترب بطيئة الانضغاط زمنياً، ويمكن أن يستمر انضغاطها لسنوات عدة، لكنها في الوقت نفسه، تنضغط في نهاية المطاف بنسب كبيرة مما يؤدي إلى هبوطات عالية تُقاس من على سطح الأرض، ومثال على ذلك هبوطات مدينة المكسيك المنشأة على توضع غضاري رسوبي من أصل بحيريّ.

يتميز الغضار مثل غيره من المواد بأن قوامه مرتبط بوزنه الحجمي ونسبة رطوبته، فكلما زاد الوزن الحجمي وانخفضت الرطوبة، ارتفعت قيمة مقاومة التربة وأصبح الغضار أكثر صلابة، ودلّت الأبحاث أيضاً على امتلاك الغضار لمزيّة فريدة أقرب ما يمكن تشبيهها بالذاكرة للإجهادات التي تُعرض عليها، فمثلاً، إذا تعرض غضار منضغط طبيعياً لضغط عالٍ مفتعل، ثم أُزيل هذا الضغط إلى قيمة منخفضة تساوي الضغط الطبيعي السابق، وجرت مقارنة عينتين من التربة مسبقة الانضغاط والتربة المنضغطة طبيعياً، يُلاحظ أن الخصائص الميكانيكية للتربة مسبقة الانضغاط قد تغيَّرت تماماً، فهي ذات مقاومة أعلى، وتُظهر صلابةً واضحةً، وتتمدَّد عند تعرضها لضغوط خارجية، على خلاف التربة المنضغطة طبيعياً التي تُظهر تقلصاً واضحاً عند تشوهها، وإذا تعرضت التربة مسبقة الانضغاط إلى حمولة أعلى من الضغط الذي تعرضت إليه مسبقاً، فإنها تعود إلى سلوكية تماثل تماماً التربة المنضغطة طبيعياً.

من الناحية الهندسية، تُعدّ التوضعات الغضارية مشبعة المسامات (بالماء) من أكبر التحديات التي تواجه المهندس المدني المعني بدراسات التربة والأساسات، إذ إنّه

حين تطبيق ضغط خارجي على التربة تتشكل فيها ضغوط مسامية تؤدي على المدى القصير إلى انخفاض مقاومتها، وتتزايد هذه المقاومة تدريجياً على مدى فترة زمنية طويلة، لذلك من المتعارف عليه في علم ميكانيك التربة أنه إذا أمكن تأسيس منشأة على تربةٍ غُضارية ضعيفة وكانت التربة قادرة على تحمل الإجهادات الناتجة من هذه المنشأة، فإنها لن تنهار على المدى البعيد، لأن مقاومة هذه التربة ستزداد مع الزمن، ويُشار إلى مقاومة التربة من فور التنفيذ بالمقاومة غير المصرّفة undrained، مقارنة بالمقاومة المصرّفة drained على المدى الطويل.

يتميز الغضار من غيره من المواد بأن قوامه شديد الارتباط ببنيته الهيكلية، فإذا ما أجري قياس مقاومة التربة الغضارية على سطحٍ موازٍ لسطح الترسب لتوضع جيولوجيٍّ معيَّن، يُلاحظ أن مقاومة التربة أقل من تلك المقرونة بسطحٍ معامدٍ على سطح الترسب، وتتشكل البنية الهيكلية في بيئة ذات طبيعة كيميائية معينة، فإذا تغيرت هذه البيئة، تأثرت التربة الغضارية مباشرة، ومثال ذلك التربة الغضارية الحساسة في الدول الاسكندينافية وشرقي كندا، وهي ترسبات جيولوجية قديمة توضعت في بيئة مائية عذبة قبل أن تنغمر لاحقاً بمياه البحر، الأمر الذي أثَّر في استقرار بنيتها الهيكلية، لذلك ما إن تتعرَّض لأي اضطراب أو اهتزاز، تفقد قوامها كلياً وتتحول إلى سائل طيني، ومنه بنيتها الحساسة[1].

الخصائص الكيمياوية:

يتصف الغضار ببنيته الذرية غير المتوازنة كهربائياً، فهو من حيث طريقة تشكله المعدني، يتميّز سطح جزيئاته الصفائحية بشحنات سالبة مرتبطة بشوارد أملاح الأرض الموجبة التي تشمل ذرات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم، ويتميز الغضار بقدرته على الدخول في عمليات تبادل شاردي بين شوارد أملاح الأرض وشوارد موجبة أخرى، ومن دون التأثير بالبنّية السيليكاتية الأساسية، وتكون طريقة الارتباط إما على شكل روابط فيزيائية ضعيفة أو روابط كيميائية قوية أو ما يُسمى بـ "الادمصاص"، ولا تتخلى الجزيئات الغضارية عن الشوارد المرتبطة بسهولة، ويتعلق ذلك بقوة الارتباط الشاردية للذرة المعّنية

(1) محمد برهان عطائي، الجيولوجيا الهندسية، دار المستقبل للطباعة، دمشق 1987.

والمتعلقة برقم تكافؤ الذرة وقطرها، فمثلاً يمكن لذرة الرصاص أن تحل محل أربع ذرات من الصوديوم، ولكن نظراً لحجمها الكبير، تتطلب طاقة عالية لإزاحتها، لذا، فإن إزالة التلوث من الترب الغضارية من أصعب المشكلات البيئية وأكثرها كلفة، وكلما ازداد السطح النوعي للغضار، ازدادت الشحنات السالبة، وازداد عدد الشوارد الموجبة أو الملوثات المرتبطة بها.

تتعلق خصائص الغضار الكيمياوية بطبيعة الماء المحيط بها الذي يحتوي على الشوارد الموجبة المرتبطة بالغضار، فعند ارتفاع قيمة باهاء الماء (الرقم الهدروجيني pH) بحيث يصبح أكثر قلوية، تترسب عندئذ الشوارد المرتبطة على شكل أملاح، ثم تعاود التشرد في حال انخفاض قيمة الباهاء، أما الجزيئات العضوية، فيكون ارتباطها ضعيفاً نسبياً، وهي غير متشردة ولا تتأثر بطبيعة الماء المحيط بالغضار.

إن وجود الماء في التربة من أهم العوامل المؤثرة في انتقال الملوثات وتفاعلها والترب الغضارية، وقد ظهر مؤخراً علم الجيوبيئة الذي يعنى بأمور تفاعل المواد الملوثة العضوية واللاعضوية والترب وطرائق انتقالها ومعالجتها.

استخدامات الغضار:

يُستخرج الغضار من توضعاته على شكل كتل كبيرة تُطحن ثم تُجرى عليها عمليات تنقية لإزالة المواد الخشنة والشوائب الأخرى، ويُعدّ الغضار من أقدم المواد الفلزية التي استعملها الإنسان في صناعة أدواته، ويعود تاريخ تصنيع الآجر الناري إلى ما يزيد على 5000 عام وهو يُعدّ ثاني صناعة بعد الزراعة، ويُعدّ الصينيون من أقدم الشعوب التي استخدمت الغضار في صناعة الأواني المنزلية الفخارية والخزفية، حيث يُعجن الغضار مع نسب معينة من الفلدسبار والكوارتز ليُعطى الشكل المطلوب قبل تجفيفه.

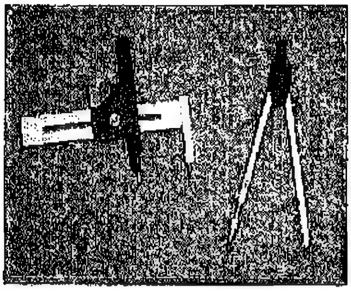
يدخل الغضار في عديد من الصناعات، مثل صناعات مواد البناء، والمواد العازلة للكهرباء وأدوات التدفئة والتسخين الكهربائية، إضافة إلى أفران الحرارة العالية والصهر، ويستخدم في صناعة الورق والمطاط وتنقية الزيوت والمواد المزيلة لبقع الزيوت، كما يُستخدم غضار البنتونيت مع الماء في حفر الآبار لتثبيت التربة من الانهيار[1].

---

(1) الموسوعة العربية، محمد كيال، المجلد الثالث عشر، ص892، (بتصرف).

حرف الفاء

فرجار: Compass



فرجار عادي (يمين) وفرجار عرضي (يسار)

الفرجار أو البركار (كلاهما معرب پرگار الفارسية)[1] أداة رسم هندسي تستخدم في رسم الدوائر والأقواس الدائرية، كما قد تستخدم كأداة لقياس المسافات بشكل خاص على الخرائط، يستخدم الفرجار عادة في الرسم الهندسي، الملاحة والعديد من التطبيقات الأخرى.

فرجار الرسم الهندسي

(1) شهاب الدين الخفاجي: شفاء الغليل فيما في كلام العرب من دخيل. ص. 46.

عادة ما يصنع الفرجار من المعدن، ويتألف من جزئين يتصلان بواسطة مفصل من الممكن التحكم بها لتحديد قياس الفتحة، بشكل عام يكون لإحدى القطعتين بروز مدبب في نهايتها وفي نهاية القطعة الأخرى يوجد قلم رصاص أو قلم.

يتم رسم الدوائر بتثبيت الرأس المدبب للفرجار في الورقة ووضع رأس قلم الرصاص على الورقة وتدويره حول القطعة المثبتة للحصول على رسم دائرة، من الممكن التحكم بقياس نصف قطر الدائرة عن طريق تعديل قياس الفتحة بين القطعتين باستخدام المفصل العلوي للفرجار[1].

(1) ويكيبيديا، الموسوعة الحرة، (بتصرف).

حرف القاف

القبة (في العمارة): Dome

القبة dome عنصر معماري كروي الشكل، أو قطّاع من كرة، يهدف إلى حلّ إنشائي لتغطية الفراغات الكبيرة عن طريق تحويل الحمولات الأفقية إلى حمولات شاقولية، وذلك بأقل سماكة ممكنة، ومن دون الحاجة إلى ركائز استنادية داخل الفراغ المغطى.

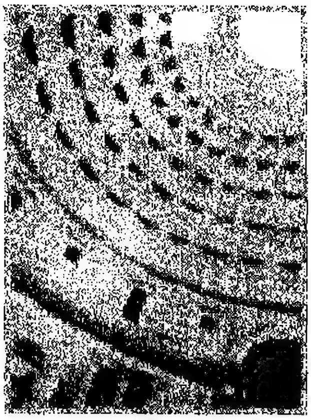
الغاية من القبة:

يُعد بناء القبة المرحلة الأهم في مراحل تطور الفن المعماري عبر التاريخ، حيث توصلت العمارة بوساطتها إلى تصميم وتنفيذ الفراغات العامة الكبيرة الخالية من الأعمدة أو الركائز التي كانت تتطلبها التغطيات المستوية، وأصبحت القباب إحدى العناصر المعمارية المهمة التي يسعى إليها المعماريون والإنشائيون لإبراز قدراتهم وإبداعاتهم الفنية والهندسية.

لمحة تاريخية حول القباب:

عرفت مختلف حضارات بلاد الرافدين Mesopotamia، وبلاد الشام، هذه التغطية في البيوت الريفية، وما تزال تُستخدم حتى يومنا هذا ومنها قباب ريف حلب في شمالي سورية، وهي مخروطية الشكل مماثلة لتلك المشيدة في نينوى Nineveh بالعراق، ويصل ارتفاعها إلى 7م عن سطح الأرض، كذلك استخدمت القباب في بعض المدافن الدينية في العمارة المصرية Egyptian architecture.

قباب طينية من شمالي حلب



مقطع في قبة البانثيون في روما

ارتبط إنشاء القباب تاريخياً بالعصر الروماني The Roman Age فقد كان عنصر القبة نظاماً معمارياً استخدم بمهارة وإبداع، وبشكلٍ سيطر فيه على كتل المباني وحجومها، حيث سُميت الفترة الممتدة من القرن الأول حتى الخامس الميلادي بعصر الأقواس arcs والقباب، أما أهم القباب الرومانية فهي قبة مجمع الأرباب The Pantheon في روما، ويبلغ قطرها 80.43م، وارتفاعها 43م[1].

أهم القباب المعروفة في التاريخ المعماري، والأبعاد الرمزية للقبة:

استخدم البيزنطيون The Byzantines بعد الرومان، القباب في تغطية الكنائس بمجازات كبيرة جداً تدل على براعة هندسية، كما اهتموا بجمالية القبة من حيث النسب والزخارف ornaments الداخلية التي تضفي جواً من الخشوع والرهبة، ومن أروع منجزاتهم كنيسة القديسة صوفيا S.Sofia التي بناها جستنيان (يوستنيانوس) Justinian في القسطنطينية Constantinople (اسطنبول Istanbul اليوم) في الفترة بين 532و537م، حيث أخذت عن الشرق ألوانها وغنى زخارفها الداخلية، وعن الغرب روعة المقياس وجرأة الإنشاء.

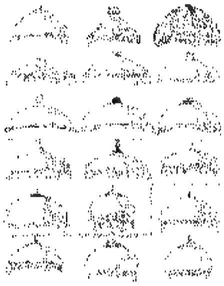
بُنيت القبة من وحدات القرميد، ويبلغ قطرها 65.32م، وارتفاعها عن سطح الأرض 54م، وهي محمولة على مثلثات كروية pendentives، وقد حوَّلها الأتراك إلى مسجد جامع بعد فتحهم القسطنطينية عام 1453م، فأضافوا إليها المآذن الأربع.

(1) SIR BANISTER FLETCHER'S, A History of Architecture (Charles Scribner's Sons, New York, Eighteenth Edition, 1975).

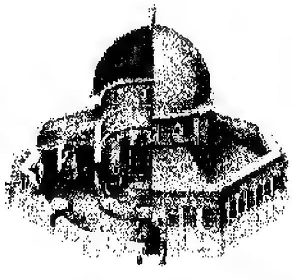
الجامع الأزرق

وشهدت سورية العديد من كنائس فجر المسيحية، التي تميزت بقبابها المركزية، كانت المدرسة المعمارية والفنية السورية منهلاً لأصقاع الإمبراطورية البيزنطية كافة، ومن أهم هذه الكنائس كنيسة القديس جورج St.Georges في إزرع، العائدة لعام 515م، والمبنية من حجر البازلت المحلي، ومسقطها مربع من الخارج، أما صحن الكنيسة فهو مثمن تعلوه قبة مخروطية الشكل conical form، وتمّ الانتقال فيها من المثمن إلى الدائرة بتسوية الحجر بتدرج خفيف[1].

تطورت هندسة القباب على أيدي العرب المسلمين نتيجة تراكم الخبرات وتنوع مواد البناء إضافةً إلى تقدُّم تقانات وأساليب الإنشاء، فتعددت أشكالها من الداخل والخارج، منها: القبة البصلية المحززة، والقبة المخروطية، والقبة الكروية وغيرها[2].



نماذج القباب في العالم الإسلامي

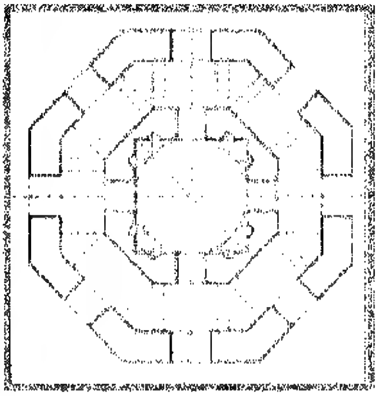


مقطع منظوري في قبة الصخرة

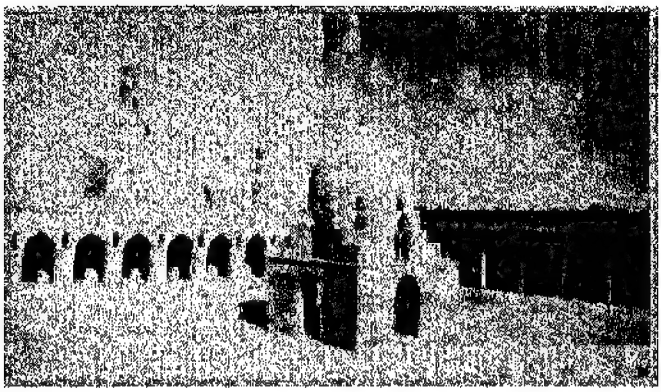
(1) انظر أيضاً: نزيه كواكبي، تاريخ العمارة: عمارة فجر المسيحية والبيزنطية (المطبعة التعاونية، دمشق 1981- 1982).

(2) JOHN D. HOAG, Islamic architecture (Harry N. Abrams, Inc., Publichers, New York, Japan, 1977).

وتعد قبة الصخرة Dome of the Rock في القدس باكورة القباب الإسلامية، وتعود للعصر الأموي (661- 750م)، شيدها الخليفة عبد الملك بن مروان عام 72هـ، ومسقطها مثمن طول ضلعه 20.95م، وارتفاعها 31.5م، تتألف القبة من طبقتين، العلوية خشبية تكسوها صفائح من الرصاص وفوقها ألواح من النحاس المذهب، ولها رقبة تتخللها ست عشرة نافذة قوسية للإنارة.



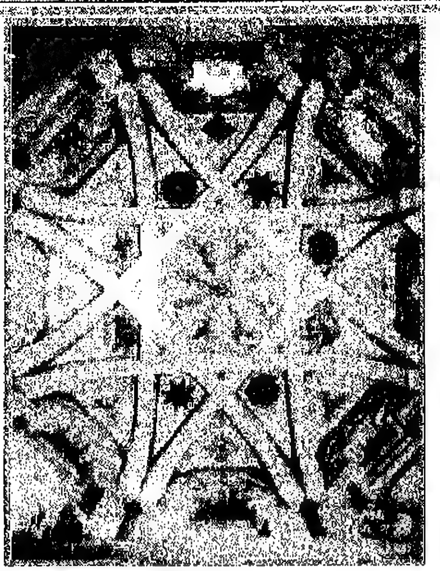
مسقط ضريح الصليبية



مسجد ابن طولون

ومن قباب العصر العباسي، قبة ضريح mausoleum الصليبية في سامراء Samarra، وهو الضريح الأول في الإسلام، ويضم رفات الخلفاء: المنتصر والمعتز والمهتدي، وهنا بدأت القبة تأخذ بعداً فكرياً فلسفياً، وهو ما يُدعى بالعمارة الرمزية، فالقبة تُمثّل السماء، وتعني الأزلية والخير والاتصال بالخالق وبالكون اللامحدود، والمكعب يرمز إلى الأرض باتجاهاتها الأربعة، وفصولها الأربعة، ويعني الفساد والفناء، ورمزت العلاقة بينهما إلى الثنائية بين الخير والشر، وإلى الانعتاق من الفساد باتجاه النفوس السماوية الخيّرة في جدلية معمارية بين القبة والمربع الذي ترتكز عليه، وقد تجلى إيمان المعماريين والأمراء والسلاطين بهذه الفلسفة، التي تعود إلى أصول يونانية ومصرية ورافدية، فيما يُسمى بعمارة المدافن التي كانت القبة عنوانها الرئيسي[1].

(1) أنظر أيضاً: جورج مارسيه، الفن الإسلامي (منشورات وزارة الثقافة والسياحة والإرشاد القومي، دمشق 1968).



قبة المقصورة في مسجد قرطبة الكبير

وفي مسجد ابن طولون في القاهرة، الذي بني بين عامي 871 و879 م، تتميز القبة بجمالها من حيث الحجم والنحت، والانتقال الرائع من المكعب إلى الدائرة وبتراجع الرقبات التي تستند إليها.

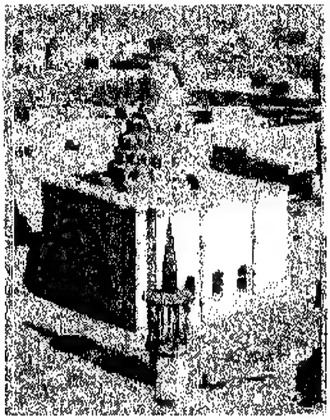
أما القباب الإسلامية في المغرب العربي فكثيرة، ومنها قبة جامع القيروان في تونس، الذي بناه عقبة بن نافع عام 64هـ/663م، وهي قبة محززة، لها 24 أخدوداً، ولها رقبة تخترقها ثماني نوافذ للإنارة، يحمل الرقبة مثمن مزين بمقرنصات صدفية الشكل في أركان البناء الأربعة.

بعد تأسيس الخلافة الأموية في الأندلس (إسبانيا) على يد عبد الرحمن الداخل، شهدت القباب تنوعاً في الشكل وغنىً في الزخرفة، فظهر فيها الرقش Arabesque عنصراً إنشائياً زخرفياً، إضافةً إلى تطور استخدام المقرنصات stalactites التي حلّت محل المثلثات الكروية كعنصر انتقال من المكعب إلى الكرة، ولم يتطلع المعماريون الأندلسيون إلى محاكاة القباب ذات المجازات الواسعة، بل تجلت إبداعاتهم في ترسيخ خصائص المدرسة الفنية الإسلامية التي ابتعدت كلياً عن التصوير.

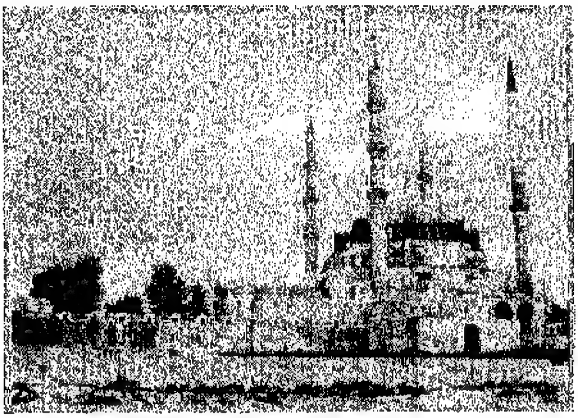
ويتجسد هذا الأمر في قباب مسجد قرطبة Cordoba الكبير، الذي شُرع ببنائه عام 785م.

أما القباب السلجوقية، فأشهرها قبة البيمارستان النوري الذي شيده نور الدين محمود بن زنكي، في محلة سيدي عامود (الحريقة) بدمشق، ويبلغ قطرها [illegible]م، وهي على شكل مقرنصات من الداخل ومن الخارج، كما تشكل نموذجاً فريداً من نماذج العمارة الإسلامية.

وأما أشهر القباب العثمانية، فهي قبة جامع السلطان سليم الثاني Selim II في أدرنة Edirne (Adrianople)، المشيد بين العامين 1570 و1574م، وهو متأثر بالطراز المعماري لكنيسة آيا صوفيا.

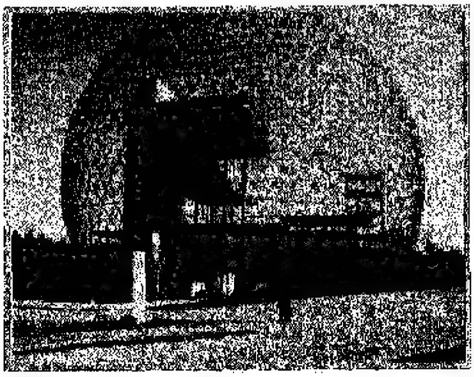


قبة البيمارستان النوري



جامع السلطان سليم الثاني في أدرنة

حافظت الفترات الإسلامية المختلفة على الشخصية الخاصة للقباب، التي تميزت بتأكيد الرمزية، وجمالية النسب والحجم المعماري، علماً أن القبة في العمارة الإيرانية تميزت بإضافة التوريق (الزخرفة النباتية)، واستخدام قطع القيشاني الذي يغلب عليه اللون الفيروزي في السطوح الخارجية، كما في قبة مدرسة الشاه سلطان حسين Chah Sultan Housein في أصفهان Isfahan، العائدة لعام 1710م.



قبة جيوديزية في مونتريال

القبة في العمارة المعاصرة:

استمرت عمارة القباب في التطور، ولم يتخل الفن المعماري عن هذا العنصر الوظيفي والجمالي، بل سُخرت كل الإمكانات المتاحة في العصر الحديث لإبراز هذا العنصر المعماري المهم.

كما أن الوظائف المدنية الجديدة، التي تتطلب فراغات كبيرة، قد أسهمت في تطوير القباب إلى درجة كبيرة، فالملاعب الرياضية، والمحافل الموسيقية، والمعارض الدولية تطلبت الاستعانة بهذا العنصر المعماري الذي واكب التاريخ البشري كشاهد على حضارة وعظمة الفكر الإنساني الخلاق، وقد أسهمت مختلف الحضارات في تقديم أنواع مختلفة تميز كل منها في هذا المجال.

ولا ريب في أن المستقبل سيحمل المزيد من الإبداع في عالم القباب اعتماداً على الإمكانات الهائلة التي تقدمها البرامج الهندسية الرقمية digital في مجال التغطيات المعمارية(1).

القناطر: Vaults

القناطر لغة: ما يُبنى على الماء للعبور، إلا أن هذا التعريف من الناحية الهندسية غير شامل لنماذج هذه المنشأة، ومفردها قنطرة.

ويمكن القول: إن القنطرة هي مجاز بين نقطتين يأخذ من القوس شكلاً لمرتسمه الشاقولي، يُبنى فوق الأنهر للعبور، وفي المدن والطرقات لاستجرار المياه وتوزيعها، فالقسم الأول من هذا التعريف ينقلنا للحديث عن القناطر التي تحمل الجسور، أما الجزء الثاني منه فيضعنا أمام المنشأة التي تحمل قنوات الماء.

لمحة تاريخية:

أقدم القناطر المعروفة في التاريخ هي تلك التي بناها الآشوريون في عاصمتهم نينوى Nineveh نحو العام 690ق.م، وكانت هذه القناطر جزءاً من مشروع الملك

(1) الموسوعة العربية، رضوان طحلاوي، المجلد الخامس عشر، ص226، (بتصرف).

سنحاريب Sennharib للري والزراعة، حيث جلبت هذه القناطر المياه من الجبال الواقعة شمال العاصمة لري السهول حولها.

ولا شكّ في أن الحضارة المصرية القديمة شيدت القناطر أيضاً، إلا أن الفيضانات floods المتكررة والغزيرة التي عرفتها هاتان الحضارتان سواءً من نهري دجلة والفرات في بلاد الرافدين، أو الفيضانات الموسمية لنهر النيل في مصر قد أسهمت في تدمير تلك القناطر، حيث اعتمدوا في بنائها على مادة الطين المشوي، وهي مادة قليلة الديمومة.

عُرف الرومان تاريخياً بأنهم مبتكرو القناطر المائية aqueducts، فالقناطر المائية القديمة التي حفظها التاريخ ترجع إلى العصر الروماني، وتُعد من أهم الإنجازات الإنسانية لحضارة الرومان الهندسية، ويكفي أن يُذكر أنه كانت تغذي روما إحدى عشرة قنطرة مائية، بنيت ما بين 312ق.م و226م، وأطولها قنطرة آنيو نوفوس Anio Novus التي ما تزال ثلاث منها تعمل إلى هذا اليوم، وقد ظل النظام المائي الروماني هو الأفضل حتى القرن 19م، ولا شكّ في أن مادة الحجر التي اعتمدها الرومان في بناء القناطر أسهمت في الحفاظ على العديد منها(1).

الأهداف الوظيفية للقناطر:

استخدم الرومان القناطر في إنشاء الجسور، ومجار مائية لتصريف المياه المالحة، وأقنية مائية تُزود المدن بالمياه اللازمة للشرب، حيث كانت المياه تجري في أنابيب تحت الأرض، فإذا كان عليها أن تجري في وادٍ، أو منطقة طبوغرافية منخفضة، كانت تشيد لمرورها قناطر حجرية تعلوها أنابيب المياه.

وقد كان سكان روما يتزودون بالمياه من الأقنية المائية المحمولة على قناطر إلى خزانات تقوم بتوزيعها إلى الحمامات والسُّبل المائية fountains العامة وإلى منازل علية القوم وقصورهم.

---

(1) H. W. JANSON, History of Art (Harry N. Abrams, INC, New York 1977).

الأساليب المتبعة في إنشاء القناطر:

بنى الرومان القناطر بمهارة إنشائية أبقت معظمها آلاف السنين بعد سقوط روما، كما اعتمدوا في بنائها على الحجر المتوافر في المنطقة، وهنالك بعض الحالات التي استخدموا فيها القرميد في البناء كما في قنطرة مدينة بامفيليا Pamphylia في جنوبي تركيا، وأحياناً كان يدخل الخشب في إنشاء الأجزاء العلوية منها.

وكانت حجارة القنطرة تُبنى على قالب خشبي يتم فكه وإزالته بعد الانتهاء من البناء، وتستند إلى أعمدة pillars أو ركائز buttresses تنقل الحمولات، وتعمل على استقرار القوس، حيث تُبنى الدعامات على أساسات صخرية متينة.

إنّ معظم القناطر القديمة كانت تبنى من دون استخدام الملاط أو المونة الرابطة بين الأحجار، حيث تعتمد على الاحتكاك في نقل القوى والانتقال الميكانيكي للحمولات.

وكان لمواد البناء المحلي وتقاليده تأثيرها في إنشاء القناطر وتصميمها، وكانت أقنية المياه المحمولة في أعلاها تُغطى بصفائح حجرية للحفاظ على نظافة الماء من الاتساخ، وتحسباً من إمكانية تسميم العدو لها، أما مادة بناء القناة فكانت من الطين المشوي أو الحجر الكلسي limeston[1].

أنواع القناطر وبعض نماذجها:

للقناطر أنواع عديدة، منها:

1- قنطرة إفرادية، أو سلسلة من القناطر ذات منسوب واحد: القنطرة الإفرادية تتألف من قوس واحدة إما مدببة، أو على شكل نصف دائرة وذلك تبعاً لأسلوب عمارة العصر الذي تعود إليه القنطرة، وتُقام على مجاري الأنهار للعبور غالباً،

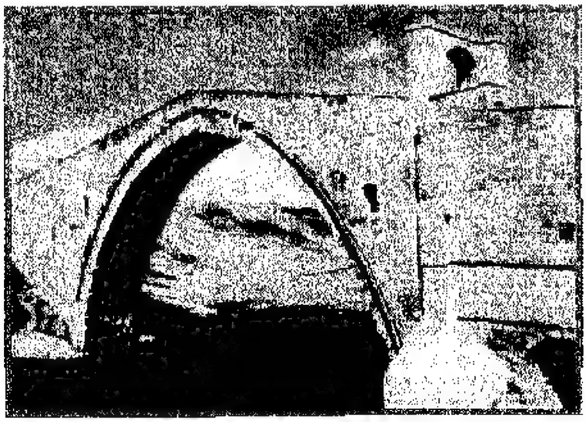
---

(1) SIR BANISTER FLETCHER'S, A History of Architecture (Charles Scribner's Sons 1975).

ومن الأمثلة على ذلك الجسر العربي في سيميتو Simeto، وجسر كالاتاسي Calatasi، في صقلية Sicilia[1].

الجسر العربي في سيميتو

وفي هضبة الأناضول العليا بتركيا كثير من هذه الجسور القديمة التي ما تزال مستخدمة، وقد بنى السلاجقة العديد من الجسور على الأنهار التركية، منها الجسر السلجوقي Seldjoukides' Pont، العائد للقرن 12م، على نهر دجلة، ويبلغ طوله 275م، وارتفاعه 50م[2].

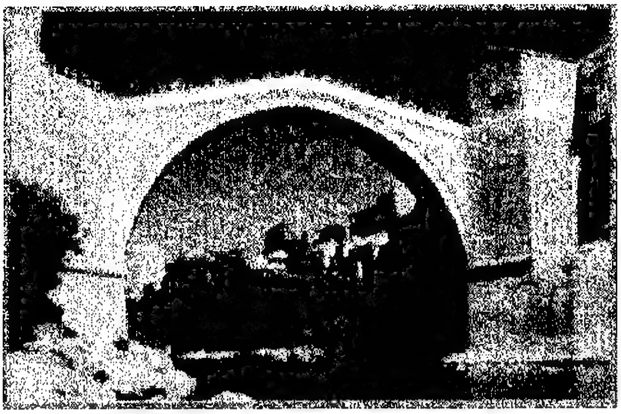


الجسر السلجوقي

(1) انظر أيضاً: لورنزو لوميتو، الإسلام في صقلية، بستان بين حضارتين، ترجمة ساندي هلال (روما، د.ت).

(2) FISA & THE AGA KHAN TRUST FOR CULTURE, Architecture for A Changing World (Grafica Urania, Malaga, Spain 1999).

ومن الجسور المهمة جسر مدينة موستار Mostar في البوسنة Bosnia الذي يعود إلى العهد العثماني، الذي يربط بين طرفي المدينة، وقد شُيّد على النهر الذي يقسم المدينة إلى جزأين.



جسر مدينة وستار في البوسنة

أما سلسلة القناطر ذات المنسوب الواحد، فنجدها في العديد من الجسور والأقنية المائية الرومانية، وقد اهتم الرومان بتشييدها في روما وفي المقاطعات التابعة لها آنذاك، ومن أقدم الجسور التي ما تزال قائمة حتى اليوم جسر فابريسيوس Pont Fabricius فوق نهر التيبر Tiber، الذي يعود إلى عام 62ق.م. وكذلك جسر مدينة أفينيون Avignon الفرنسية، العائد إلى القرن 12م، وجسر القنطرة Alcantara في طليطلة Toledo جنوبي مدريد بإسبانيا، الذي شُيِّد ما بين عامي 105- 116م، وقد سمى العرب هذه البلدة بالقنطرة نسبةً إليه، ويبلغ طوله 206م، وارتفاعه فوق نهر التاغوس Tagus 33م، ويبلغ عرض أكبر أقواسه نحو 27م، وقد بُني من الحجر الغرانيتي من دون المونة الرابطة، ويُعد من أعظم الإنجازات الهندسية الرومانية.

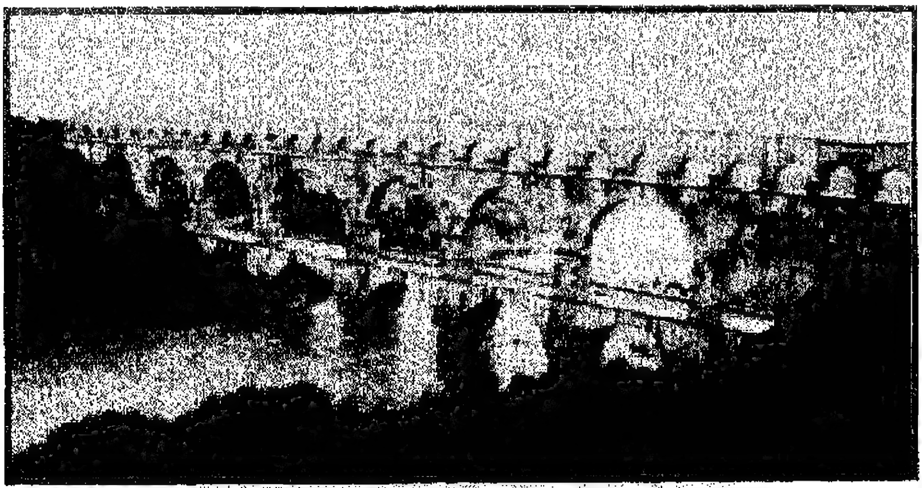
جسر القنطرة الروماني

وهنالك جسر روماني في الجزائر على حافة الصحراء الكبرى ما يزال محفوظاً إلى اليوم، ومن الجسور المهمة في سورية جسر عين ديوار/ ديريك الحالية، وتبعد 12كم عن مدينة المالكية، وهو مُشيَّد على نهر دجلة، يتألف من ثلاث قناطر لم يتبقَ منها سوى واحدة، يبلغ ارتفاعه 15م، وهو مبني من الحجر المنحوت من دون استخدام الملاط أو المونة الرابطة.

وفي المرحلة الأيوبية التي اهتمت بتشييد القلاع، بُني العديد من القناطر في مداخل القلاع، حيث كانت تُقام فوق الخندق المائي الدفاعي المحيط بالقلعة للتمكن من الوصول إليها، ومن الأمثلة على ذلك مدخل قلعة شيزر، وقلعة حلب Citadel of Aleppo في شمالي سورية.

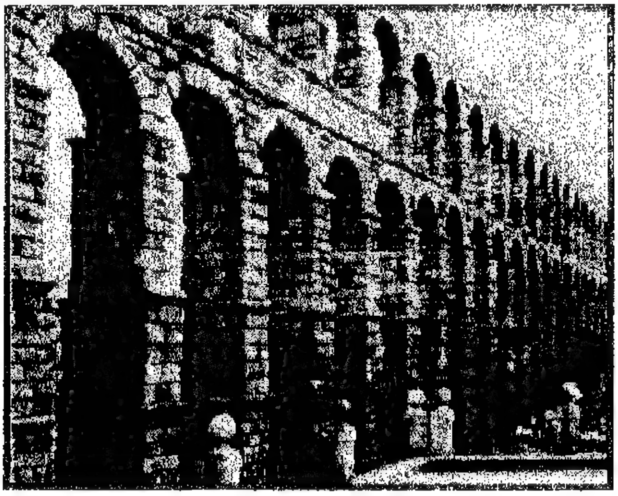
وفي مدينة حماة السورية، نجد هذا النوع من القناطر في الجسور وفي الأقنية المائية، وهنالك العديد من الجسور المُقامة على نهر العاصي الذي يقسم المدينة إلى قسمين.

كما تُعد مدينة حماة نموذجاً فريداً في تخطيط المدن، لاعتمادها الكبير على النواعير Norias والأقنية المائية المحمولة على سلاسل طويلة من القناطر ذات المنسوب الواحد أو المنسوبين، والتي تنقل مياه نهر العاصي إلى حماماتها ومساكنها والسُبل المائية فيها، وسُمّيت النواعير وسلاسل القناطر الحجرية بأسماء أحيائها، علماً أن بعض هذه القناطر يصل إلى ارتفاع يزيد على الـ 20م.



قناطر غار (فرنسا)

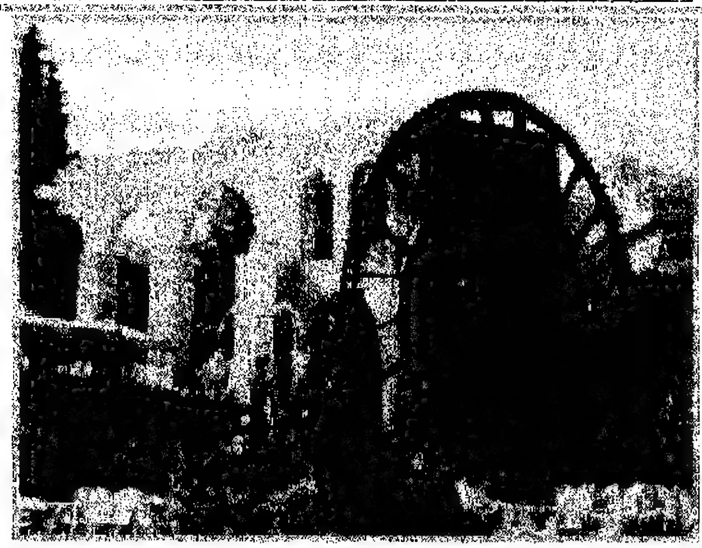
كما نجد سلاسل القناطر المبنية على منسوبين أو ثلاثة، والتي تحمل في المنسوب العلوي الأقنية المائية في حين أن المنسوب السفلي يُستخدم جسراً للعبور، كما في قنطرة غار Gard المائية في مدينة نيم Nimes الواقعة جنوبي فرنسا France، والتي تتألف من سلسلة من القناطر ثلاثية المناسيب، وتعود لعام 14م، حيث تحمل القناة المائية التي تغذي المدينة في المنسوب العلوي، أما قناطر المنسوب السفلي فتُستخدم جسراً للعبور فوق النهر، وتُسمى جسر غار Pont du Gard، ويبلغ طوله 275م، وارتفاعه 50م، وتُعد هذه الأبدة إحدى أهم الشواهد على العمارة الرومانية.



القنطرة المائية في سيغوفيا

والقناطر المائية الرومانية عديدة، فأولى قناطر روما قنطرة آبيوس Aqua Appia العائدة لعام 312ق.م. كما كانت البوابة العظمى Porta Maggiore في روما المزدوجة القوس تحمل في أعلاها قناتي مياه، فالبوابة نفسها كانت عبارة عن قوس نصر Triumphal Arch وقنطرة مائية بآنٍ معاً.

وقد بنى الرومان القناطر المائية في المقاطعات الرومانية آنذاك كقنطرة مدينة سيغوفيا Segovia في إسبانيا Spain، التي بُنيت في عهد الإمبراطور الروماني تراجان (ترايان) (53- 117م) Trajan، لا تزال تعمل حتى اليوم، يبلغ طولها 16كم وهي تنقل المياه إلى المدينة، مجتازة وادٍ طوله 800م، وارتفاعه 28م، وتضم 128 قنطرة على طول 813م.



سلسلة قناطر ذات منسوب واحد تحمل الأقنية المائية في حماة

وفي الختام، لابد من الإشارة إلى أن القنطرة تاريخياً ارتبطت بمادة الحجر، وقد سُمّيت في معظم الأحيان بالحجرية عوضاً من القنطرة، كما اهتمت الحضارات التي تعاقبت بعد الحضارة الرومانية بالقناطر وبتشييدها وصيانتها، إلا أنه بدءاً من القرن التاسع عشر وبعد حلول مادتي الحديد والإسمنت محل الحجر في بناء الجسور والقناطر المائية، أصبحت القناطر القديمة منشآت أثرية وأماكن سياحية تستقطب الزوار والمهتمين بالعمارة والتراث[1].

القنوات: Channels

الشكل (1) قناة ري بيتونية كبيرة في ولاية كاليفورنيا الأمريكية

---

(1) الموسوعة العربية، رضوان طحلاوي، المجلد الخامس عشر، ص592

القناة channel هي ناقل مائي، يكون لمقطعه العرضي شكل معين (الشكل 1)، ويستخدم لإيصال المياه من المصدر المائي الذي يمكن أن يكون نبعاً أو بحيرة أو نهراً أو أي مصدر آخر، إلى مكان الاستهلاك أو التجميع، وتعد قنوات الري والجداول وأنابيب الصرف الصحي أمثلة واضحة على القنوات، إن الجريان في القنوات هو جريان حر، لأن السطح العلوي للسائل يكون معرضاً للضغط الجوي، أي على تماس مع الهواء، ويجري الماء في القناة نتيجة لتأثير قوة الثقالة gravity force، لذلك لابد من إعطاء القناة ميلاً طولياً مناسباً، لتشكيل مركبة قوة موازية لقاع القناة تؤدي إلى تحريك الماء.

تعد القنوات من أقدم المنشآت المائية، وقد استخدمها الإنسان للملاحة ولتوفير مياه الري أو الشرب، ففي عام 500 قبل الميلاد أنشئت قناة بطول 600كم، ما بين بابل ومصب نهر دجلة على شط العرب، وفي عام 400 قبل الميلاد بنيت في مصر قناة، ربطت بين نهر النيل والبحر الأحمر، وفي مدينة حماة لازالت القنوات الحجرية المرفوعة التي تنقل المياه من نهر العاصي عن طريق النواعير إلى الأراضي الزراعية المجاورة، شاهداً على اهتمام الرومان في هذا المجال.

أنواع القنوات:

يمكن التمييز بين أنواع عدة من القنوات، تبعاً لمجموعة معايير، منها حسب الوظيفة كما يأتي:

- أقنية الري: irrigation channels تستخدم لنقل المياه من المصدر المائي إلى أماكن استهلاكها في مشروعات الري الزراعية.
- أقنية الصرف: drainage channels تستخدم لجر مياه الصرف الزراعي من مشروعات الري واستصلاح الأراضي إلى أماكن تصريفها في الوديان أو الأنهر، كما يجري استخدامها لنقل مخلفات الصرف الصحي المنزلية من المناطق السكنية إلى محطات المعالجة.
- أقنية مياه الشرب drinking water channels: تستخدم لنقل المياه من المصدر المائي إلى خزانات مياه الشرب.

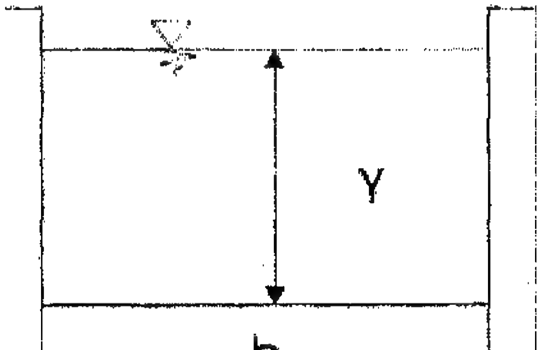
وحسب إكساء القناة:

- القنوات المكساة: يتم إكساء القناة لحماية جوانبها وقعرها من الحت والانجراف، ولتخفيف رشح المياه منها إلى باطن الأرض، ويمكن إكساء القناة بالبيتون أو الرقائق البلاستيكية أو البيتومين، والإكساء البيتوني هو الأكثر استخداماً لديمومته العالية.
- القنوات غير المكساة: يكون قعرها وجوانبها ترابية، وغالباً ما تستخدم في المصارف، والمشكلة الكبيرة في هذه القنوات هي النمو الكثيف للأعشاب فيها، مما يجعل تنظيفها باستمرار أمراً ضرورياً، وإلا أصبحت عاجزة عن

إمرار المخلفات.

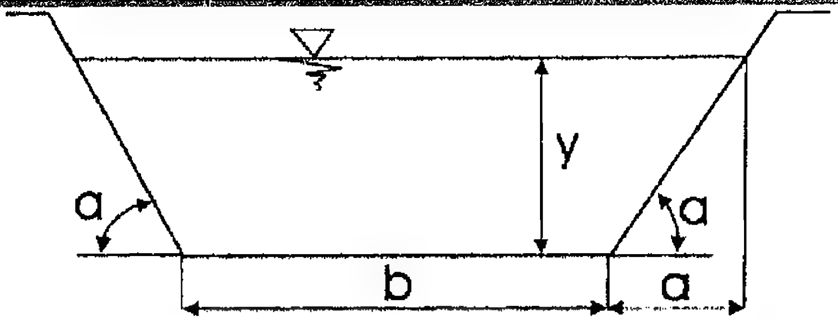
أما حسب المقطع العرضي، فهناك:

- القنوات مستطيلة المقطع rectangular channels: حيث يكون عرضها منتظماً وجدرانها الجانبية قائمة (الشكل 2)، وتستخدم في حالة الترب الضعيفة، حيث تعمل الجدران الجانبية للقناة كجدران استنادية تقوم بتحمل ضغط التربة الجانبي.



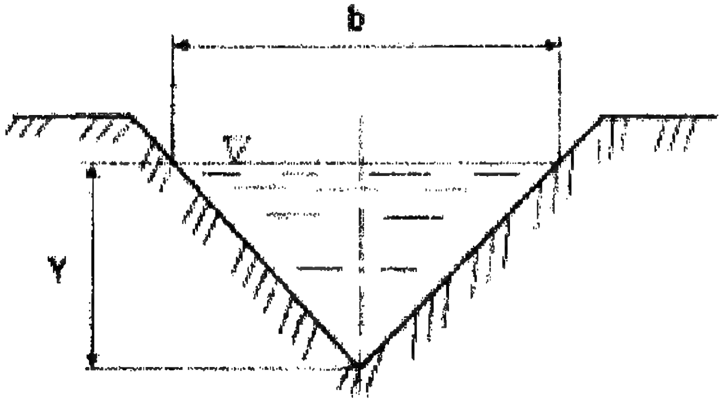
الشكل (2) قناة مستطيلة المقطع

- الأقنية على شكل شبه منحرف trapezoidal channels: حيث يكون عرضها من الأسفل منتظماً و جوانبها مائلة (الشكل 3)، وهي من أكثر الأنواع انتشاراً في مشروعات المياه، لما تتمتع به من خواص هيدروليكية جيدة وكلفة إنشاء قليلة نسبياً.



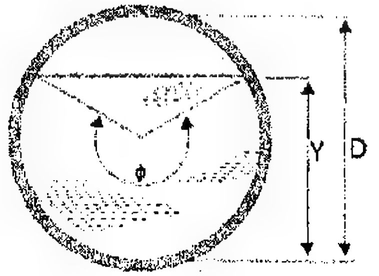
الشكل (3) قناة مقطعها العرضي على شكل شبه منحرف

- الأقنية المثلثية المقطع triangular channels: ليس لها عرض من الأسفل وجوانبها تكون مائلة (الشكل 4)، وغالباً ينحصر استخدامها في حالة الأقنية الصغيرة، لأن مقطعها يشغل حيزاً كبيراً.



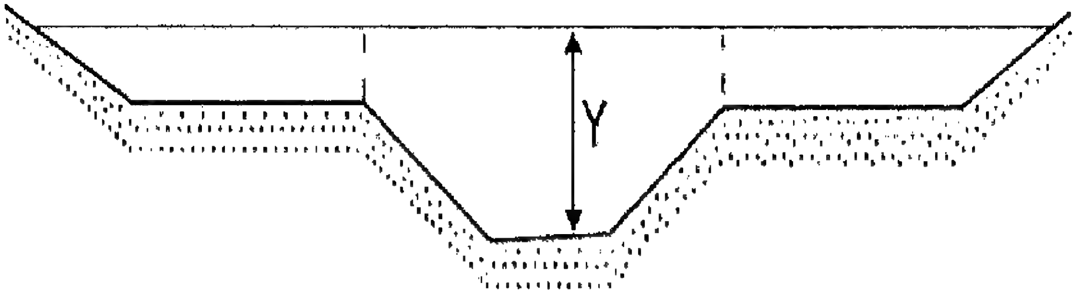
الشكل (4) قناة مثلثية الشكل

- الأقنية الدائرية circular channels: مقطعها على شكل دائرة (الشكل 5)، وهي تعد من أفضل الأقنية على الإطلاق من الناحية الهيدروليكية، كما أن شكلها المغلق يعطيها ميزة استخدامها تحت سطح الأرض، لذلك تستخدم على نحو رئيس في أنابيب الصرف الصحي.



الشكل (5) قناة مقطعها العرضي على شكل دائرة

- الأقنية المركبة compound channels: تستخدم هذه الأقنية عندما يتغير التصريف في القناة على نحو كبير. ويتم تشكيل المقطع العرضي من أكثر من مقطع، مثلاً: شبه منحرف مع شبه منحرف (الشكل 6)، أو مستطيل مع شبه منحرف.



الشكل (6) قناة مقطعها العرضي مركب

العناصر الهندسية للقناة:

يقصد بالعناصر الهندسية للقناة ما يأتي:

- y: عمق الماء في القناة water depth : وهو المسافة الشاقولية ما بين سطح الماء وأخفض نقطة من القاع.
- A: مساحة المقطع العرضي للقناة cross-sectional area: وهي مساحة المقطع الذي يشغله الجريان.
- m: الميل الجانبي للقناة، حيث يمثل تظل زاوية جوانب القناة.
- b: عرض القناة من الأسفل channels width.
- B: عرض المقطع المائي من الأعلى surface width.
- p: المحيط المبلل wett perimeter: وهو طول المحيط من المقطع العرضي الذي يلامس الماء.
- ym: العمق المتوسط الهيدروليكي hydraulic mean depth: وهو نسبة مساحة مقطع الجريان إلى عرض المقطع المائي من الأعلى، أي:

$$y_m = \frac{A}{B}$$

- β: العرض النسبي relative width: وهو نسبة عرض القناة إلى عمق الماء فيها، أي:

$$\beta = \frac{b}{y}$$

- Rh: نصف القطر الهيدروليكي hydraulic radius وهو بالتعريف نسبة المساحة إلى المحيط المبلل، أي:

$$R_h = \frac{A}{p}$$

الحساب الهيدروليكي للأقنية:

يمكن أن يكون الجريان في القنوات مستقراً أو غير مستقر، فالأول منهما هو الجريان المستقر steady flow الذي لا يتغير فيه التصريف مع الزمن، أي إن جميع عناصره (سرعة- مقطع الجريان) تظل ثابتة من زمن إلى آخر، أما الجريان غير المستقر unsteady flow فهو الجريان الذي يتغير فيه التصريف مع الزمن، ومن ثم تتغير جميع عناصره مع تغير الزمن، ومثال ذلك الجريان في أنابيب الصرف الصحي، حيث يتغير التصريف على مدار اليوم تبعاً لاستهلاك الماء في المنازل.

كذلك يمكن للجريان المستقر في القنوات أن يكون منتظماً أو غير منتظم، ففي الجريان المنتظم uniform flow يكون مقطعه ثابتاً على طول القناة، وبالتالي لا يتغير عمق الماء وسرعة الجريان من مقطع لآخر، أما في حالة الجريان غير المنتظم nonuniform flow، فيتغير المقطع المائي ومن ثم يحدث تغير في عمق الماء وسرعة الجريان على طول القناة.

بالنسبة للجريان المستقر والمنتظم، يتم حساب سرعة الجريان V في القناة من معادلة مانينغ:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot S_o^{1/2}$$

كما يجري حساب التصريف المار في القناة من العلاقة:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_h^{2/3} \cdot S_o^{1/2}$$

حيث إن:

- V : السرعة الوسطى للجريان في القناة (m/s).
- Q : التصريف المار في القناة (m3/s).
- Rh : نصف القطر الهيدروليكي (m).
- So : الميل الطولي للقناة.
- A : مساحة المقطع العرضي للجريان.
- n: معامل خشونة القناة. وتتعلق قيمته بنوع إكساء القناة، وتبلغ قيمته (0.013-0.015)n = للقنوات البيتونية.

وغالباً ما ينطوي الحساب الهيدروليكي للجريان المستقر والمنتظم في القناة على تطبيق معادلة مانينغ، ويعد اختيار القيمة المناسبة لمعامل خشونة سطح القناة حرجاً بالنسبة إلى دقة نتائج المسألة، ويوجد عادة نوعان من المسائل التي يجري حلها، في النوع الأول حيث تكون العناصر الهندسية للقناة إضافة إلى عمق الماء فيها معروفة، والمطلوب حساب التصريف المار في القناة أو سرعة الجريان، وفي هذا النوع يكون حل المسألة مباشرة، أما النوع الثاني فيكون المطلوب فيه حساب عمق الماء في القناة الموافق لتصريف معين، وفي هذا النوع من المسائل يكون الحل بطريقة المحاولة والخطأ[1].

أما حساب الجريان المستقر وغير المنتظم فهو أعقد من الجريان المنتظم، ولا يوجد حل مباشر للمسألة، ويجري حلها بالطرائق العددية التي تستغرق وقتاً أطول.

أما حل مسائل الجريان غير المستقر، فهي معقدة جداً وتتم غالباً بمساعدة الحاسوب.

الترسيب والحت في الأقنية:

- **الترسيب:**

معلوم أن المياه التي يتم نقلها في الأقنية هي مياه غير نقية غالباً، ومحملة بكثير من العوائق الصلبة مثل حبات الرمل والغضار، وتترسب هذه العوائق في قاع

(1) ANDREW CHADWICK & JOHN MORFETT, Hydraulics in Civil and Enviromental Engineering (E & FN Spon. 1993).

القناة إن لم تكن سرعة الجريان كافية لجرفها، وينجم عن الترسيب المستمر للعوالق نقصان في المقطع المائي، وبالتالي انخفاض في تصريف القناة، إن قدرة الجزيئات الصلبة على الترسيب في قاع القناة يتعلق بحجم هذه الجزيئات من جهة وبسرعة الجريان من جهة أخرى، وتحسب السرعة الدنيا الواجب توافرها في القناة لمنع حدوث الترسب من العلاقة:

$$V_{min} = K \cdot y^{0.64}$$

حيث إن:

- y: عمق الماء في القناة.
- k: ثابت يتعلق بقطر الذرات المحمولة وتراوح قيمته بين (k = (0.5-1.0[1].

- الحت:

إذا ما أنشئت قناة من مواد قابلة للحت، كما هي الحال في أقنية الري الترابية أو الحصوية الناعمة، فمن الممكن عند ذلك أن تتعرض جدران وقاع القناة للحت والتآكل إذا كانت سرعة الجريان كبيرة، ومع الزمن ينجم عن الحت المستمر تغير في مقطع الجريان، وربما حصول انهيارات في القناة، ومن الضروري عند تصميم القناة ألا تتجاوز سرعة الجريان فيها السرعة العظمى التي يبدأ عندها الحت، وتتعلق السرعة العظمى المسموحة في القناة بنوع مادة القناة، حيث تراوح ما بين Vmax=0.5m/s للأقنية الترابية، إلى Vmax=xx5m/s للأقنية البيتونية[2].

صيانة وإصلاح القنوات:

تنفذ أعمال الصيانة دورياً أو باستمرار، والغاية منها تجنب الآثار السلبية التي يمكن أن تنتج من تقادم القناة، ومن العمليات التي تحدث في مجراها كالحت والرشح، ومعالجة الانهيارات الصغيرة التي تحدث في طبقات الإكساء أو في تربة

---

(1) R. W. FOX & A. T. MCDONALD, Introduction to Fluid Mechanics (John Wiley & Sons" INC.1994).

(2) انظر أيضاً: أحمد معلا، أمجد زينو، قتيبة السعدي، الجريان ذو السطح الحر (منشورات جامعة دمشق، 2002).

السفوح الجانبية، كما تتطلب أعمال الصيانة القيام في الأوقات المناسبة بجرف الطمي المترسب في مجاري القنوات، وتنظيف الأعشاب التي يمكن أن تنمو فيها.

أما أعمال الإصلاح فتنقسم إلى:

- أعمال ترميم مؤقتة: وهي تضم الإصلاحات الصغيرة أو تبديل بعض العناصر الإنشائية أو البيتونية، وتشمل أيضاً الإصلاحات المحلية المتعلقة بتبديل بعض أجزاء التقوية أو التكتيم.
- أعمال ترميم شاملة: تضم أشغالاً أكبر، غالباً ما تتطلب تفريغ جزء من القناة من المياه، مثل: إصلاح المنشآت الملحقة بالأقنية كالبوابات والمصارف أو تبديل طبقات الإكساء.
- أعمال ترميم طارئة: حيث يتم ترميم الأجزاء التي تتعرض للانهيار نتيجة الحوادث الطارئة كالفيضانات والزلازل[1].

القياس (تقنيات- Standardization techniques):

منذ بداية العصر الحديث أصبح لتقنيات القياس standardization techniques قواعدها الخاصة، ووضعت لها أهداف وأبعاد، وقد ساعدت مبادئ تقنيات القياس على الحصول على نتائج أكثر دقة مع بساطة في التصميم، إضافة إلى التوفير الشامل في الجهد والمواد والطاقة، وحماية مصلحة المستهلك، وإلى قدر كبير جداً من السلامة والصحة، وذلك من أجل أي منتج سواء في حقل التقانات (التكنولوجيا) أو في بقية الحقول العلمية، ويوجد اليوم إدراك واسع لقيمة المواصفات القياسية كأسلوب لتبادل الأفكار والمعلومات الفنية، وإيجاد نظام من اللانظام، وإحلال التبسيط محل التعقيد، ولما كان حقل القياسات الميكانيكية يحتل مساحة واسعة بين مختلف حقول العلم، كان للأجهزة الميكانيكية والتكنولوجية الحظ الأوفر من المواصفات القياسية التي تُعنى بوضعها الهيئات العلمية المختصة بالتقييس.

(1) الموسوعة العربية، أمجد زينو، المجلد الخامس عشر، ص625، (بتصرف).

ومن الواضح أنه لا يمكن الفصل فصلاً قاطعاً بين أهداف التقييس المختلفة، ما دامت متداخلة وتعتمد الواحدة منها على الأخرى، فيصعب مثلاً اختيار الحل الاقتصادي الأمثل والمحافظة على احتياجات الصحة والسلامة في وقت معاً، ولما كان علم القياس هو توأم التقانات الحديثة ولا ينفصل عنها أبداً توجب وضع تعاريف مناسبة للتقييس وما يرتبط به.

تعاريف أساسية:

- التقييس: **standardization**

هو وضع قواعد البدء المنظم لأي نشاط إنساني وتطبيقه، من أجل منفعة جميع المعنيين وتعاونهم، وخاصة من أجل تحقيق التوفير الشامل في الجهد والمواد والطاقة، وحماية مصلحة المستهلك، مع مراعاة الشروط الوظيفية ومتطلبات السلامة والصحة، والتقييس هو الإجراء الذي يعطي الحلول للمشكلات العصرية المستجدة، وخاصة في مجالات العلوم والتقانات (التكنولوجيا) والاقتصاد بهدف تحقيق الدرجة المثلى من التنظيم في مجال ما أو حقل من الحقول.

- **المواصفة القياسية: standard**

هي نتيجة جهد تقيسي خاص معتمد من سلطة معترف بها، ويمكن أن يأخذ أحد الشكلين الآتيين:

1- وثيقة تحتوي على مجموعة من الشروط المطلوب تطبيقها.

2- وحدة أساسية أو ثابت فيزيائي يجب التقيد به، مثل الأمبير أو المتر أو الصفر المطلق (كلفن).

- **المواصفات: specifications**

وهي مجموعة متطلبات يجب أن تحققها سلعة أو مادة أو عملية، وتشير إلى الطريقة التي يمكن بها تحديد ما إذا كانت هذه المتطلبات محققة أم لا، ويجب ملاحظة ما يأتي:

1- يمكن أن تكون المواصفات قياسية أو جزءاً من مواصفة قياسية أو مستقلة عن أي مواصفة قياسية.

2- لإمكانية التطبيق العملي فإن من المرغوب فيه أن يعبر عن المتطلبات بالأرقام بوحدات قياس مناسبة مع بيان الحدود المقبولة.

- التبسيط: **simplification**

وهو أهم شكل من أشكال التقييس، حيث يعد التقييس عملية تبسيط تقف في وجه التعقيد المتزايد في حياة الإنسان، وهو يعبر عن تخفيض عدد أنواع السلع ضمن مدى محدد إلى العدد الكافي لمواجهة الاحتياجات العامة كافة في وقت معين، ويعد التبسيط من العوامل الاقتصادية التي تخدم مصلحة المنتج والمستهلك معاً.

- التوحيد: **unification**

وهو شكل من أشكال التقييس يتكون من مواصفتين أو أكثر في مواصفة واحدة، بطريقة تكفل الحصول على سلع قابلة للتبادل عند الاستعمال.

- التخصص: **specialization**

لا يقع هذا المصطلح بمعناه الخاص ضمن دائرة التقييس، وإذا استعمل في ذلك المجال يجب أن يكون بمعنى تركيز عمل الوحدات الإنتاجية على إنتاج أنواع محددة من السلع.

- التبادلية الوظيفية: **functional interchangeability**

لا يقع هذا المصطلح بمعناه الخاص ضمن دائرة التقييس، وإذا استعمل في ذلك المجال يجب أن يكون بمعنى تركيز عمل الوحدات الإنتاجية على إنتاج أنواع محددة من السلع القابلة للاستخدام في أكثر من مجال.

أهداف التقييس: aims of standardization

في ظل التطورات المذهلة التي يشهدها العصر الحديث ثمة إدراك واسع لقيمة المواصفات القياسية، من هنا تظهر أهمية تعريف مبادئ وأهداف التقييس، مع أن هذه المهمة معقدة بسبب كثرة التعاريف المطروحة، ولكن يمكن تبسيط هذا الأمر بالاقتصار على الأهداف والمبادئ الأساسية المتفق عليها.

إن جوهر التقييس هو تحقيق مساحة واسعة من التبسيط وإزالة حواجز التعقيد التي تقف عائقاً في وجه التطور، وهذا الهدف متداخل مع أهداف أخرى مثل توفير التبادلية أو قابلية التبادل مع حماية مصلحة المستهلك وسلامته وتحقيق قدر كبير من التوفير[1].

وأهم أهداف التقييس:

1- التبسيط وتحقيق التبادلية:

تؤدي البساطة في التصميم إلى تنفيذ عملية الإنتاج بسهولة أكبر، وإلى تخفيض عدد أنواع المنتجات إلى الحدود الدنيا بما يضمن مصلحة المنتج والمستهلك، مع ضمان شروط الصحة والسلامة، وإن الحد من التنوع في السلع والمواد المصنّعة يفرض ما يسمى بمبدأ التبادلية، أي قدرة الصانع على إنتاج عدد كبير من القطع والأجزاء المتشابهة في الحجم والشكل والأداء، إلى حد يضمن استبدال جزء منها بجزء آخر له درجة الأداء نفسها، وهذا بدوره يوفر تخفيض تكاليف الصناعة والإنتاج.

قد لا يطلب أحياناً أن يتحقق التماثل أو التشابه بين جزأين تبادليين من حيث البنية الداخلية، لتحقيق مبدأ التبادلية، إنما يكتفى بتحديد التفاوتات المسموحة للأبعاد الخارجية لأي جزء منهما، مثل المحرك الكهربائي، حيث يمكن وضع المواصفات والخصائص الأساسية المطلوب توافرها، ويترك للصانع حرية التصميم الداخلي للمحرك، وهذا الأمر بحد ذاته نوع من أنواع التبسيط.

2- المواصفات وسيلة للتواصل:

إن إحدى الوظائف الأساسية للتقييس هي توفير وسائل للتواصل communication بين الصانع والعميل، لبيان الأشياء المتوافرة مع بيان مقاسها وأدائها، ولإشاعة الثقة لدى المشتري بأنه إذا طلب بضاعة تتفق مع المواصفة القياسية فإنه يستطيع أن يعتمد على جودتها.

(1) ANDREW CHADWICK & JOHN MORFETT, Hydraulics in Civil and Enviromental Engineering (E & FN Spon. 1993).

إن كثيراً من المواصفات القياسية تعطي في الوقت الحاضر قدراً جيداً من بيانات التصميم، وتقدم النصيحة في كيفية استعمالها، وكيفية اختيار أكثر الأصناف مناسبة للطلب الخاص، وللمواصفات مميزات كثيرة، ولكن لها مخاطرها أيضاً وذلك عندما تخضع اللجان التي تحضر هذه المواصفات لسيطرة المصالح الصناعية أو التجارية، وإذا أريد للمواصفة أن تعكس أفضل وآخر الممارسات العملية وتحقق أفضل منفعة، فيجب إعطاء دور أساسي ومناسب لرأي مستعملي السلعة، وآراء الخبراء المستقلين والأشخاص المتخصصين.

تبقى المواصفة القياسية محدودة القيمة ما لم توضع موضع التنفيذ والتقيد بها، وإن وضعها موضع التنفيذ، يستلزم تضحية يقدمها القلة من أجل مصلحة الكثرة، كما أن مراجعة هذه المواصفات وتدقيقها بين فترة وأخرى بانتظام يؤدي إلى مردود مرتفع لجودة الإنتاج.

3- مصلحة المستهلك والمجتمع:

إن حماية منفعة المستهلك هي ولا شك أحد أهداف التقييس الأساسية، ولها مكانة مهمة للغاية، وهي بالنتيجة حماية وضمانة لمصلحة المجتمع وتطوره، وغالباً ما تكون المواصفات معدة لتحقيق أكبر منفعة ممكنة للمستهلك الذي يكون معنياً على قدر واحد مع المنتج بتحضيرها، على اعتبار أنه ما لم يكن على ثقة بالمواصفة فإنه قد لا يشتري السلعة.

وعند وضع المواصفات القياسية يجب تحقيق التوازن بين مصلحة المستهلك والمجتمع من جهة ومصلحة المنتج من جهة أخرى، وهنا يجب التبصر في ضرورة مراعاة ظروف البلد والحالة الاجتماعية والعادات والتقاليد عند اقتراح مواصفة وطنية معينة، ويتم اللجوء أحياناً إلى سلطة القانون لتطبيق مواصفة معينة تكون فيها مصلحة المجتمع الهدف الأساسي[1].

(1) R. W. FOX & A. T. MCDONALD, Introduction to Fluid Mechanics (John Wiley & Sons" INC.1994).

4- معوقات التجارة:

إن التقدم التقاني (التكنولوجي) الذي يشهده العالم، والتزايد الهائل في حجم المصنوعات التي تنتقل اليوم من بلد إلى آخر، أوجد طلباً كبيراً على المواصفات الجديدة والمحدثة ذات الصبغة الدولية إلى درجة لم تكن متوقعة، وليس من المرغوب فيه حقيقة أن تطبق المواصفات بقوة القانون إلا إذا كان ضرورياً من أجل دواعي السلامة العامة أو الصحة أو البيئة.

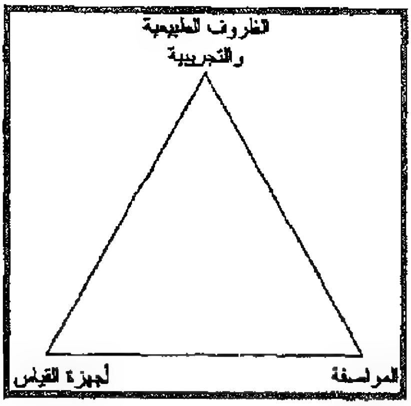
وكلما تطورت التقانات (التكنولوجيا) واتسع نطاق التجارة فإن سياسة الإشارة إلى المواصفات كمرجع بدلاً من إصدار أنظمة فنية منفصلة تصبح مألوفة أكثر فأكثر، ويؤدي ذلك بدوره إلى إزالة العوائق التجارية التي تسببها الأنظمة المتضاربة في البلدان المختلفة.

5- التوفير الشامل:

إن تحقيق التوفير الشامل عند تقييس المنتجات هو غالباً حل وسط، لأنه لا يمكن وضع كل عامل من العوامل المؤثرة في وضعه الأمثل، إذ يعتمد كل منها على الآخر، فالتوفير الأكبر في العمل مثلاً يعوق التوفير الأكبر في المواد والعكس بالعكس، والاقتصاد في التصميم والتصنيع ربما يعطي ناتجاً لا يكون الأكثر توفيراً في مصروفاته الجارية، إضافة إلى ذلك يجب أن يؤخذ بالحسبان التوفير على المنتج وعلى المستهلك في آن واحد.

من هنا يظهر أنه من الصعوبة بمكان أن تتمتع جميع المواصفات بمزايا اقتصادية واضحة، والنتائج الاقتصادية لمواصفات معينة غالباً ما تكون معقدة، الأمر الذي حدا بالعاملين في التقييس، حتى وقت قريب جداً وعلى جميع المستويات، أن يميلوا إلى إهمالها بالكامل، مركزين اهتمامهم على الناحية التقانية، وخاصة عندما يتعلق الأمر بالمواصفات الهادفة لتوفير السلامة العامة، والتي نادراً ما يمكن تطبيق الحل الأكثر اقتصاداً عليها.

6- السلامة:



الشكل (1) مثلث الإنتاج والقياس

لا شك في أن سلامة الإنسان وحمايته هما من أهداف التقييس الرئيسية، إذ يجب أن تصنع السلع بعناية توفر درجة عالية من الثقة، إضافة إلى معاودة معاينة السلعة واختيارها والاختبار على فترات، وكل هذه المتطلبات يجب أن تنص عليها المواصفة، وكثيراً ما يلزم أن يكون التقيد بالمواصفة إجبارياً بقوة القانون، الأمر الذي يجعل عملية الإنتاج أكثر تكلفة، ولكن ذلك يبقي حياة الإنسان وسلامته في المقام الأول من دون أي حسابات أخرى.

إن السلامة هي إحدى المتطلبات الرئيسية في مختلف المجالات، ولذلك فعند وضع مواصفة ما يجب أن يؤخذ بالحسبان مختلف العوامل الطبيعية والبيئية والتجريبية، التي تؤدي دوراً رئيسياً في وضعها، ويمكن الاستعانة بمثلث الإنتاج والقياس لتوضيح هذا الأمر.

إن الظروف الطبيعية والتجريبية تختار على نحو مناسب من قبل الإنسان الذي يقوم بتصميم واختيار أجهزة القياس الملائمة للغرض المطلوب، ويقوم أيضاً بتحديد نوعية المواصفة المرغوب فيها، فإذاً هو فاعل ومنفعل في الوقت نفسه، ويبين (الشكل 1) علاقة الإنسان بالمواصفة وبأجهزة القياس من جهة، وبمختلف الظروف والعوامل الطبيعية والتجريبية من جهة أخرى[1].

(1) الموسوعة العربية، عبد المعين أحمد خضور، المجلد الخامس عشر، ص709، (بتصرف).

قياس الارتفاع: Levelling

يطلق على قياس الارتفاعات اسم التسوية leveling، ويعرَّف ارتفاع نقطة ما بأنّه المسافة الشاقولية التي تفصل هذه النقطة عن سطح سوية مرجعي، وهو موجب إذا كانت النقطة أعلى من سطح السوية، وسالب إذا كانت النقطة أخفض منه، ويعرَّف سطح سوية leveling surface أنه سطح مستمر عمودي في كل نقطة من نقاطه على اتجاه الشاقول في هذه النقطة، ويمكن تشبيهه بسطح كتلة كبيرة من الماء في حالة سكون.

لمحة تاريخية:

استخدم الرومان لقياس الارتفاعات جهازاً اسمه كوروبات chorobate، يتألف من أنبوبين زجاجيين أسطوانيين متصلين عمودياً مع أنبوب معدني طوله 6.094م يستند أفقياً إلى حامل، تملأ هذه الأنابيب بالماء، ويشكل سطح الماء في الأنبوبين الزجاجين مستوياً للرصد يمكن بوساطته قياس فروق الارتفاعات بين النقاط استناداً إلى مبدأ الأواني المستطرقة وبتطبيق مبدأ التسوية المباشرة.

سمح اختراع غاليلو Galilée للمقراب أو المنظار التلسكوب (telescope) باستخدامها في الأجهزة المساحية لقياس الارتفاعات، وأدخل عليها بيكار Picard جهاز المحكّم reticule وهو عبارة عن شعيرتين متعامدتين يجسد تقاطعهما المحور الضوئي للمقراب، وتسمحان بعملية الرصد وفق مستوٍ أفقي، ثم استعيض عن الشعيرتين بخطين متعامدين محفورين على زجاجة توضع داخل المقراب.

مفهوم سطوح التسوية والارتفاعات المنسوبة إليها:

يعدُّ سطح التسوية المار بمستوى سطح البحار (من دون حساب عمليتي المدّ والجزر)، سطحاً مرجعياً تنسب إليه ارتفاعات النقاط، ويسمى هذا السطح بالجيوئيد geoid، وتسمى الارتفاعات المنسوبة إليه بالارتفاعات عن سطح البحر أو بالارتفاعات المطلقة، وعندما تنسب الارتفاعات إلى سطح تسوية آخر فتدعى بالارتفاعات النسبية.

إن سطوح التسوية هي سطوح فيزيائية يعتمد تعريفها على اتجاه الشاقول أي اتجاه الثقالة، وتعوّض عادة بسطوح رياضية، يعد أول تقريب لها مجسمات القطوع الناقصة الدورانية ذات التفلطح الصغير والممكن تعويضها بالكرات المتمركزة التي تعدُّ تقريباً ثانياً لسطوح التسوية، عند العمل ضمن مناطق صغيرة نسبياً يمكن عد سطوح التسوية مستويات أفقية، تكون سطوح التسوية متوازية أي إن البعد ثابت بين سطحي تسوية عند اعتماد سطوح التسوية كرات أو مستويات أفقية، وينتج من ذلك الخواص الآتية[1]:

1- كل النقاط الموجودة على سطح تسوية لها الارتفاع نفسه.

2- إن فرق الارتفاع بين نقطتين هي المسافة الفاصلة بين سطحي تسوية مارين بالنقطتين.

3- إن الفرق بين الارتفاعات النسبية والمطلقة هي مسافة ثابتة، وهي المسافة بين سطحي تسوية.

لكن الموضوع يتعقد عند عد سطوح التسوية مجسمات القطوع الناقصة الدورانية، فالبعد بينها غير متساو بل متناسب عكساً مع شدة الثقالة، وكذلك الأمر حين عد سطوح التسوية وفق مفهومها الفيزيائي، إذ لا تتحقق الخواص المذكورة أعلاه، وينتج من ذلك أنه سيكون لنقاط من سطح التسوية نفسه ارتفاعات مختلفة، نسمي الارتفاعات المنسوبة إلى مجسم قطع ناقص بالارتفاعات الجيوديزية geodetic heights، فحين يطلق على الارتفاعات المنسوبة إلى الجيوئيد اسم الارتفاعات الأورتومترية orthometric heights.

عند قياس الارتفاعات في الأعمال المساحية العادية، تُعتمد المستويات الأفقية كسطوح تسوية، ويطبق على نتائجها تصحيحات الكروية في المناطق ذات الامتداد الواسع نسبياً، وذلك للإنتقال إلى سطوح التسوية الكروية[2].

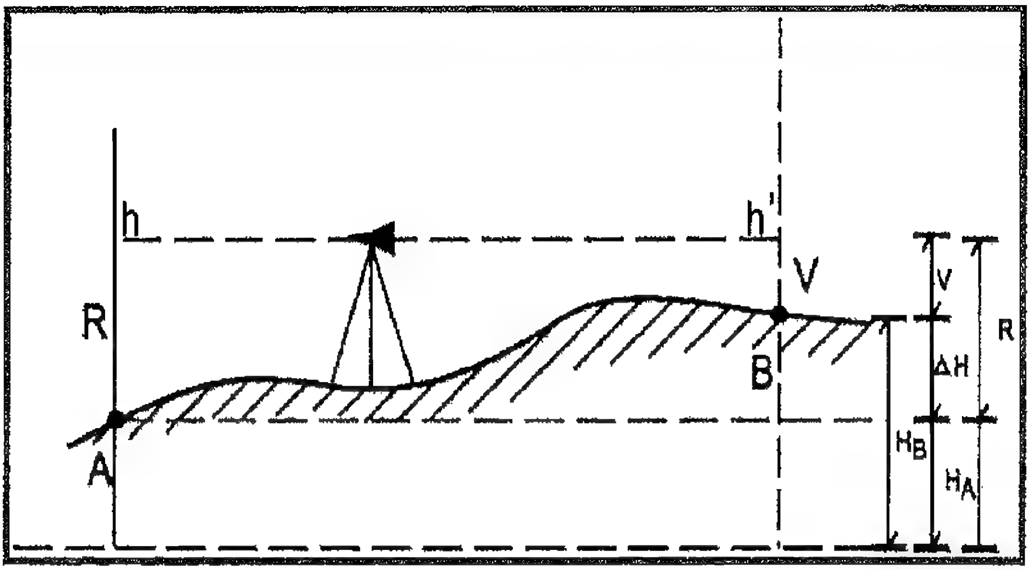
---

(1) أنظر أيضاً: سامح جزماتي، المساحة والجيوديزيا (منشورات جامعة حلب 1969).

(2) BARRY F. KAVANAGH, Surveying with Construction Applications (Prentice Hall Inc., New Jersey 2001).

طرائق قياس الارتفاعات:

يمكن قياس ارتفاع نقطة ما عن طريق قياس فرق الارتفاع بين هذه النقطة ونقطة ذات ارتفاع معلوم أو مفترض (ارتفاع نسبي)، ثم إضافة هذا الفرق إلى الارتفاع المعلوم أو المفترض، ويمكن أن يتم ذلك بطرائق عدة:

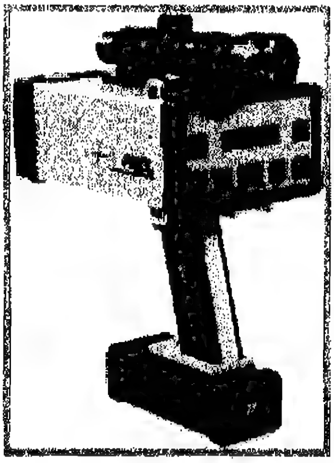


الشكل (1) التسوية المباشرة

HB = HA +ΔH, ⊔ΔH= R -V

1- طريقة التسوية المباشرة: A و B نقطتان من سطح الأرض، إن فرق الارتفاع بين هاتين النقطتين ممثل على (الشكل 1) بالمسافة الشاقولية بين النقطة B والمستوى الأفقي المار من A. لقياس يوضع بين النقطتين جهاز تسوية level من خصائصه أنه يوفر مستوى أفقياً يتم بموجبه رصد مسطرتين مدرّجتين شاقوليتين، يسمى كل منهما الميرا graduated rod، توضع هاتان الميرتان في A وB وتجرى عليهما قراءتان R و V وفق تقاطع هذا المستوى الأفقي مع الميرتين (h, h')، يحسب فرق الارتفاع بين النقطتين من العلاقة: ΔH = R - V ويضاف فرق الارتفاع هذا إضافةً جبرية إلى ارتفاع النقطة A:(HA) وذلك للحصول على ارتفاع النقطة B:(HB).

يكون جهاز التسوية المستخدم مجهزاً مقراب أو منظار يحوي محكماً reticule، وهو عبارة عن خطين متقاطعين، حيث تجسد نقطة تقاطعهما المحور الضوئي للمنظار الذي تتم بموجبه عملية رصد لكل ميرا، توفر أفقية المحور الضوئي إمّا بوساطة زئبقية level vial، أو آلياً بوساطة معدّل compensator، وهو عبارة عن موشور يمكنه الدوران لجعل الأشعة الواردة من الميرا تمر بالمحور الضوئي، تسمى هذه الأجهزة عندئذ أجهزة التسوية الآلية.



الشكل (2) جهاز تسوية ليزري

وقد ظهرت حديثاً أجهزة تسوية آلية رقمية (الشكل 2) مصممة لمعالجة آلية للصور تسمح بعد توجيه جهاز التسوية إلى ميرا تحمل خطوطاً مرمّزة bar code بالتقاط صورة هذه الخطوط ومعالجتها ضمن ذاكرة حاسوب موجود داخل جهاز التسوية، وإظهار قيمة القراءة على الميرا رقمياً على شاشة.

2- طريقة التسوية المثلثاتية: يمكن تعيين فرق الارتفاع بين نقطتين A وB بقياس الزاوية الشاقولية V للخط الواصل بين النقطتين، وبقياس المسافة المائلة DC بين النقطتين أو المسافة الأفقية DE بينهما (الشكل3).

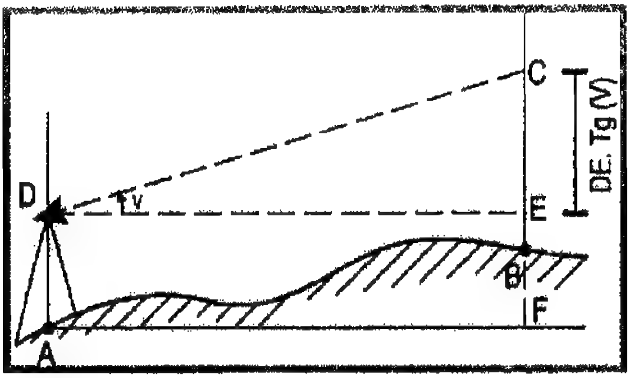
ويعطى فرق الارتفاع في هذه الحالة اعتماداً على حساب المثلثات بالمعادلة الآتية:

$$\Delta H = DE.\ tg(V)+DA- CB.sin(V) + DA -CB$$

حيث tg(V) هي ظل الزاوية v، وهو sin(V) جيب الزاوية v.

تقاس الزاوية الشاقولية والمسافة الأفقية أو المسافة المائلة بوساطة أجهزة التيودوليت أو أجهزة المحطات الكاملة، حيث تعطي هذه الأجهزة المسافات الأفقية وفروق الارتفاعات آلياً بإظهارها على شاشة الجهاز، وإذا كانت المسافة أكبر من 400 متر فيجب عد سطوح التسوية كرات، وتصحيح فرق الارتفاع المعيّن بالطريقة السابقة.

3- طريقة التسوية البارومترية: بما أن الضغط الجوي يتناقص مع الارتفاع فإنه يمكن استخدام هذه الخاصة لقياس فروق الارتفاع بين النقاط، ويستعمل استناداً لهذا المبدأ جهاز يسمى الألتيمتر altimeter، إن دقة هذه الطريقة قليلة مقارنة مع الطرق السابقة.



الشكل (3) التسوية المثلثاتية

4- قياس الارتفاع بأجهزة التوضّع العالمي GPS: تستخدم أجهزة التوضّع العالمي لتعيين الإحداثيات والارتفاعات لنقاط على سطح الأرض استناداً إلى معطيات تؤخذ من الأقمار الاصطناعية، وهي تقيس الارتفاعات الجيوديزية منسوبة إلى مجسم القطع الناقص الدوراني المعتبر كسطح سوية مرجعي، ولابدّ من تصحيحها للحصول على ارتفاعات أورتومترية[1].

تطبيقات قياس الارتفاعات:

تستخدم نتائج قياس الارتفاعات في عدد كبير من المجالات أهمها:

(1) BERG J. VANDEN & A. LINDBERG, Measuring Practice on the Building Site (Gaule, Sweden : National Swedish Institute for Building Research, Bulletin 83, 1983).

1- تصميم الطرق والسكك الحديدية والأقنية والمجاري، وكل الأعمال التي تتطلب تجسيد مسارات على الطبيعة وفق ميول محدّدة متعلقة بطبوغرافية الأرض.

2- تجسيد مشروعات البناء وأجزائها، وفق المناسيب التي يريدها المصمم.

3- حساب كميات الحفر والردم.

4- إنشاء الخرائط التي تظهر التضاريس في منطقة ما من سطح الأرض.

5 - دراسة تغيرات القشرة الأرضية[1].

قياس المسافات : Distance measurement

في علم المساحة، تعد المسافة بين نقطتين، المسافة الأفقية بينهما، أي الطول الأفقي بين الشاقولين المارين بهاتين النقطتين، ويمكن الحصول عليها إمّا بقياسها أفقياً أو بقياسها بشكل مائل ومن ثم إسقاطها على مستوى أفقي، تعدّ عملية قياس المسافات distance measurement إحدى العمليات الأساسية في علم المساحة.

لمحة تاريخية:

استند تقدير المسافات في العصور القديمة إلى عدد أيام المسير بين نقطتين، فحينما أراد إراتوستينِس Eratosthenes تقدير محيط الأرض (نحو مائتي عام قبل الميلاد)، فإنه قدّر المسافة بين مدينتي أسوان والإسكندرية استناداً إلى عدد أيام السير للقوافل والمسافة التي تقطعها في اليوم الواحد، واستخدم العرب في عصر الخليفة المأمون الحبال لقياس طول درجة واحدة على سطح الأرض، وكان طول الحبل الواحد 50ذراعاً.

وفي بداية العصر الحديث، استعملت المساطر الخشبية والمعدنية بطول من 4 إلى 5أمتار، مقسّمة إلى مقاطع بطول متر، ومطلية بالتناوب بالأبيض والأسود، كما استخدمت في الولايات المتحدة سلسلة غونتر Gunter بطول 66قدماً، وهي مؤلفة من

(1) الموسوعة العربية، سامح جزماتي، المجلد الخامس عشر، ص713، (بتصرف).

100وصلة طول كل منها 7.92بوصة، تتصل الواحدة بالأخرى عن طريق حلقة، كما استخدمت في أوربا سلسلة المساح الشبيهة بسلسلة غونتر ولكن بطول 30متراً.

وفي عام 1883، أدخل العالم السويدي يدرين Jäderin الأسلاك المعدنية بطول من 20 إلى 50متراً، يعلّق السلك على ثلاثيتي أرجل ويشدّ بثقل، ثم استعيض عنه بسلك من الأنفار invar، وهو خليط من النيكل والفولاذ عامل تمدده صغير، وذلك للقياسات الدقيقة للمسافات.

استعيض بعد ذلك عن الأسلاك بالأشرطة الفولاذية، التي يراوح طولها من 20 إلى50متراً، والأشرطة القماشية ذات الأطوال من 10 إلى 20متراً، ولازالت مستعملة حتى اليوم لقياس المسافات القصيرة.

الوحدات المستخدمة في قياس المسافات:

لم يكن هنالك اتفاق في العصور القديمة والوسطى على وحدة لقياس المسافات، فاستخدم أرسطو (300ق.م.) ملعب (ستاد) ديلفس Delphes الذي يساوي في وحداتنا اليوم 177.50متراً، وكان الملعب (الستاد) الذي استعمله كلاً من إراتوستينس (200ق.م.) وبطليموس Ptolémée يساوي 157.5متراً، أما ملعب (ستاد) بوسيدونيوس (100ق.م) Posidonius فكان 210م، وكان الميل الروماني يساوي 5.7 من ملعب (ستاد) إراتوستينس، وقد استعمل العرب الذراع المساوي 0.4933م، والميل المساوي اثنا عشر ذراعاً والفرسخ المساوي ثلاثة أميال، واعتمد في القرون الوسطى الميل الإيطالي وكان يساوي 1589متراً[1].

يستخدم حالياً نظامان عالميان لتقدير المسافات هما النظام المتري والنظام الإنكليزي، يسمّى النظام المتري بالنظام الدولي، ويختصر بالحرفين SI، وقد تم تحديد قيمة المتر بعد أن قام ميشان ودولمبر Méchain et Delambre في أواسط القرن الثامن عشر بقياس طول قوس من خط الزوال meridian الذي يمتد من دنكرك إلى برشلونة، والمتر هو جزء من عشرة ملايين جزء من ربع خط الزوال على

(1) أنظر أيضاً: سامح جزماتي، المساحة (3) (منشورات جامعة حلب، 1993).

الكرة الأرضية، وقد اعتمد في كل أنحاء العالم ماعدا في ثلاث دول هي: الولايات المتحدة وبورما وليبيريا[1].

أما النظام الإنكليزي، فالوحدة الأساسية فيه هي القدم foot، وتقسم إلى 12بوصة inch، وفيه اليارد yard ويساوي ثلاث أقدام، والميل mile ويساوي 5280 قدماً، والميل البحري nautic mile ويساوي 6.76.10قدماً، وهي تسمية لطول زاوية من خط العرض أو خط الطول عند خط الاستواء، ويساوي القدم 30.48سنتيمتراً.

طرائق قياس المسافات:

هنالك طريقتان أساسيتان لقياس المسافات:

1- الطريقة المباشرة: ويتم قياس مسافة فيها بتنقيل جهاز قياس على طول المسافة بين ذروتيها، ويندرج تحت هذه الطريقة طرق عدة أهمها:

أ- القياس بالشريط: يستخدم الشريط الفولاذي الذي يراوح طوله بين 20 و50متراً، وهو بالأمتار وعشرات السنتيمترات والسنتيمترات، ولإجراء القياس تستخدم مع الشريط بعض الأدوات المساعدة وهي: الشواخص range rods والأسياخ pins وخيطي مطمار plumb bobs، فتوضع نقاط على استقامة المسافة نفسها، ويرفع الشريط، باستخدام خيطي المطمار، ليصبح أفقياً ويشدّ من طرفيه، وتجسد نهاية الشريط على الأرض بوساطة سيخ، وتكون قيمة المسافة المقاسة هي عدد المرات التي تضمنتها المسافة من طول الشريط وجزء منه، يقدرّ الخطأ النسبي في قياس مسافة ما بهذه الطريقة بـ 10000/5.

ب- القياس بالخطوة step: تستخدم الخطوة بعد تعيير قيمتها، ولقياس مسافة ما تعدّ الخطوات، ويراوح الخطأ النسبي في هذه الطريقة من 50/1إلى 100/1.

ج- القياس بعداد المسافات (الأودومتر) odometer، يعتمد على تحويل عدد دورات دولاب ذي طول محيط معلوم إلى مسافة، ويقدر الخطأ النسبي في هذه الطريقة بـ 200/1.

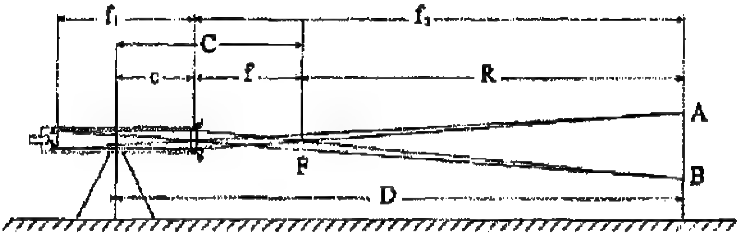
---

(1) BARRY F. KAVANAGH, Surveying with Construction Applications (Prentice Hall Inc. , New Jersey 2001).

2- الطريقة غير المباشرة: تقاس المسافة من دون الانتقال بين ذروتي المسافة، وهنالك طرق عدة يمكن بوساطتها قياس مسافة ما، أهمها[1]:

أ- القياس بالستاديا: stadia تحوي نظارة مساحة على محكّم reticule، وهو عبارة عن لوحة زجاجية حُفر عليها خطان متعامدان، يجسد تقاطعهما محوراً للرصد، ويحفر على المحكّم خطان متوازيان يسمحان بقياس المسافة بين نقطتين.

فمن الشكل (1) يُلاحظ أن المسافة الأفقية تعطى بالعلاقة:



الشكل (1) قياس المسافة بالستاديا: حساب المسافة من تشابه مثلثين

$$D = C + R$$

حيث C ثابتة تحدّد من قبل صانع الجهاز، وتساوي مجموع البعد المحرقي f لعدسة جسمية النظارة والبعد c لهذه العدسة عن المحور الرئيسي لجهاز المساحة، أي: $C = c + f$، أمّا فهو ارتفاع في المثلث FAB ويساوي من تشابه المثلثين FAB و fab:

$$R = \frac{f}{ab} \cdot AB$$

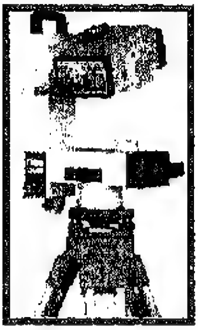
إن هو البعد بين الخطين المتوازيين المحفورين على لوحة المحكّم، وهو ثابت وبما أن هو ثابت (البعد المحرقي لعدسة الجسمية)، فالقيمة $\frac{f}{ab}$ هي ثابتة، وينتج أنه لمعرفة R يكفي قياس المجال AB على الميرا، ويساوي هذا المجال فرق قراءتين على الميرا[2].

ب- القياس الإلكتروني للمسافات: يستند مبدأ هذه الطريقة إلى قياس الفترة الزمنية التي تستغرقها موجات كهرومغناطيسية، يولدها جهاز ويرسلها نحو عاكس لهذه الموجات ليردها وليلتقطها الجهاز ثانية، وتحسب المسافة L من العلاقة: $L = 0.5\ (n\lambda + p)$، حيث λ طول الموجة وتعطى بالعلاقة: $\lambda = \frac{V}{F}$:

(1) أنظر أيضاً: سامح جزماتي، الأعمال المساحية في الطرق (منشورات جامعة حلب 1990).

(2) أنظر أيضاً: سامح جزماتي، المساحة للمهندسين المعماريين (منشورات جامعة حلب 1994).

حيث v سرعة انتشار الموجات في الهواء وF التوتر أي عدد النوبات المتكررة cycles في وحدة الزمن، تكون v و F معروفتين، أما p في العلاقة السابقة فهي الجزء الكسري من طول الموجة، وتحدد بقياس فرق الصفحة phase shift الذي هو الفرق الزمني بين حركتين دوريتين لهما التردد نفسه حين لا يوجد توافق بينهما، ويقاس بإرسال موجات بترددات مختلفة، ويمكن عندئذ حل معادلتين للحصول على العدد الصحيح n وعلى المسافة L.



الشكل (3) قائس مسافات الإلكتروني في جهاز محطة كاملة

تسمى الأجهزة التي تقيس المسافات بهذه الطريقة بالقوائس الإلكترونية للمسافات EDM أي electronic distance meters، ومن أوائل هذه الأجهزة الجيوديمتر geodimeter الذي يستخدم حزماً ضوئية[1]، وكذلك التللورومتر tellurometer الذي يستخدم الأشعة الميكروية، ثم تلتها أجهزة أخف وزناً وأسهل استعمالاً، وظهرت القوائس التي تستخدم أشعة الليزر، إن القوائس الإلكترونية الحديثة للمسافات ناجعة تماماً، وتعطي المسافات آلياً بمجرد الضغط على زر، وسميت هذه الأجهزة المحطات الكاملة total station (الشكل 3)، وتطالعنا مؤخراً محطات كاملة نبضية pulse total station تستخدم أشعة ترتد على السطوح كافة ويمكن الاستغناء بها عن العواكس، تقدر دقة قياس المسافات بالطرق الإلكترونية بـ 2 ppm ppm (تعني جزءاً من مليون من طول المسافة)[2].

---

(1) J.M. RUEGER, Electronic Distance Measurement: An Introduction (Springer-Verlag , New York 1990).

(2) الموسوعة العربية، سامح جزماتي، المجلد الخامس عشر، ص728، (بتصرف).

حرف الكاف

كسوة الطريق : Road covering

الكسوة: اللباس يكسى به ويتحلى، والطريق: السبيل أو الممر الواسع الممتد أوسع من الشارع، وبناءً عليه فكسوة الطريق road covering هي ما نلبس الطريق به ليبدو جميلاً، وقادراً على تحمل وطأة مرور الآليات فوقه على مدار الوقت في شروط كافية من الأمان والراحة.

تكون كسوة الطريق على شكل غطاء ولأن تأثير القوى التي يتعرض لها الغطاء بسبب العربات المتحركة فوق سطحه يتناقص مع العمق، فإنه يُنَفَّذ من مواد إنشاء متنوعة ذات مقاومات مختلفة، تتوضع على هيئة طبقات، حيث تكون مقاومة كل طبقة متناسبة مع شدة تأثير القوة التي تخضع لها من جهة، ومع شدة تأثير الشروط الجوية السائدة في الجوار من جهة أخرى.

يجب أن يتمتع غطاء الطريق بالثبات الكافي ضد العوامل المناخية، وبمقاومة الاهتراء والصدم، وكذلك الزحف الناجم عن تأثير القوى المماسية الناتجة من حركة الآليات، وأن يحقق الخواص الاستثمارية للطريق من حيث الاستواء والخشونة لمنع الانزلاق، وتوفير السلاسة في القيادة، وأن يوفر كتامة كافية ضد نفوذ الماء عبره، وأن يكون مقاوماً للتأكسد، وأن يكون سطحه خالياً من التفكك والتشقق.

يتطلب توافر المواصفات السابقة على مدى سنوات استثمار الطريق دقة عالية في انتقاء مواد إنشائه، والتحكم بمقاديرها والعناية بتنفيذها، وتوفير الصيانة المستمرة لها.

وللحيلولة دون ارتفاع نسبة الماء ضمن القاعدة الترابية تحت كسوة الطريق لابد من المحافظة على نظام رطوبة مستقر وآمن فيه، وذلك بمساعدة مجموعة من الأعمال الهندسية التي تساعد على التقاط المياه الواصلة إلى الطابق الترابي وصرفها بالوسائل المناسبة عنه، أو في منع وصول المياه أصلاً من المناطق المرتفعة في الجوار إلى الطابق الترابي.

تصرف مياه الأمطار الهاطلة على سطح الطريق عرضياً وطولياً، ويعمل الصرف العرضي على إعطاء الطابق الترابي والغطاء فوقه شكلاً محدباً بتوجيه الميل العرضي من محور الطريق باتجاه الأكتاف الجانبية لصرف المياه عن سطحه، ويجب زيادة هذا الميل كلما كان استواء الغطاء أقل لمنع تجمع المياه في المناطق غير المستوية، ونفاذها إلى الطبقات الأعمق إذا لاقت مقاومة في أثناء جريانها، لكن شروط الراحة والأمان تستوجب دوماً الاكتفاء بالحد الأدنى للميل الكافي لصرف المياه، كما يجب تسوية ورص الأكتاف الجانبية للطريق، وتدعيمها على جزء منها باستخدام البحص الطبيعي، أو البحص المكسر مع مواد رابطة، أو باستعمال بلاطات خرسانية، وإذا كان الطريق عابراً لمناطق مأهولة فإن التدعيم يجب أن يتم على كامل عرض أكتافه الجانبية.

أما الصرف الطولي للمياه فيتم بشق خنادق تصريف جانبية، تكون عادة بمقطع عرضي على شكل شبه منحرف، وتعمل على نقل مياه الصرف إلى المناطق المنخفضة من وديان ومجارٍ طبيعية قريبة، ثم تمرر إلى الطرف الآخر من الأرض الطبيعية الأخفض من جسم الطريق، وذلك ببناء عبارات أو جسور[1].

يمكن صرف مياه الأمطار الهاطلة في مكان إقامة الطريق قبل الوصول إليه من المناطق المرتفعة المجاورة، لمنعها من تهديد استقراره باللجوء إلى خنادق تكون في معظم الأحيان على شكل شبه منحرف، تسمى خنادق التصريف العالية، تقوم بالتقاط الماء الجاري على المنحدرات العالية باتجاه الطريق ثم يصرف بعد

(1) انظر أيضاً: راجح سريع، عارف حمد، هندسة المواصلات (منشورات جامعة دمشق، 2001).

التجمع فيها نحو مناطق منخفضة مناسبة، ويجب أن تصمم هذه الخنادق على نحو تكون سرعة الجريان فيها مناسبة لجهة عدم حدوث ترسب للمواد الترابية المحمولة إذا كانت صغيرة فيحدث انسداد، وكذلك لجهة عدم حصول جرف للقعر والجوانب إذا كانت كبيرة فيخرج الخندق من الاستثمار أحياناً.

ولا يقتصر التأثير السلبي على غطاء الطريق من جهة المياه الهاطلة عليه، أو الجارية فوقه، بل إنه يأتيه أيضاً من جهة المياه الجوفية التي تكون مناسيبها قريبة من مناسيب الطريق فتصله بالخاصة الشعرية، فتنال من استقراره وشروط تشغيله، وللحيلولة دون ذلك يلجأ إلى تنفيذ ردميات ترابية بارتفاعات تمنع المياه الشعرية من الوصول إلى الطابق الترابي للطريق، وإذا كان تنفيذ ذلك غير ممكن، فإن الجهد يوجه نحو خفض مناسيب المياه الجوفية إلى حيث لا يمكنها الصعود ضمن الأنابيب الشعرية للتربة، والوسيلة إلى ذلك ما يعرف بالمصارف المغطاة التي تكون إما مغلقة وإما مفتوحة، فإذا كانت مغلقة فإنها تتكون من عناصر خرسانية أنبوبية مسبقة الصنع توضع في التربة بميول ملائمة لجريان الماء الجوفي فيها، وعلى أعماق أخفض من منسوبه تسمح بدخول هذا الماء إليها عبر الفواصل التي تترك خصيصاً بين هذه العناصر، ثم تردم هذه الفواصل بطبقة من البحص الخشن يتناقص حجم حبيباتها بالابتعاد عن الأنبوب لتجنب انسداد الفاصل بالترسبات، أما إذا كانت المصارف مفتوحة فإنها تنفذ في طبقة التربة المشبعة بالماء على هيئة خنادق تملأ بطبقة راشحة من البحص الخشن.

يمكن حسب مادة الإنشاء تصنيف أغطية الطرق إلى أغطية من الإسفلت، وأغطية من البحص المكسّر أو الطبيعي المقوى بمواد رابطة إسفلتية، وأخرى من البحص المكسر، أو من البحص الطبيعي، أو الخرسانة، تكون على شكل بلاطات أبعادها الأفقية (3- 4)×(6- 7)م، وسماكتها 12.5- 25.0سم، وتزود بفواصل تعمل على موازنة تغير أطوالها مع تغير درجة الحرارة، وتعد الأغطية الإسفلتية أجودها على الإطلاق. وذلك لما تتمتع به من مزايا، ولاسيما الكلفة المنخفضة نسبياً، وإمكانية التنفيذ العاجلة من دون الحاجة لآليات معقدة، وكذلك

المقاومة الجيدة لتأثير الحركة فوقها ، وإمكان تشكيل سطح مستوٍ للطريق يلائم حركة الآليات عليه بتخفيف تأثير اصطدام العجلات به، والحصول على قيم عالية لمعامل الاحتكاك ما بين سطح العجلة وسطح الطريق لمقاومة الانزلاق، وتوفير السهولة في القيادة.

بيّن التاريخ المسجل أن أول استخدام للإسفلت كمادة رابطة في تنفيذ أغطية الطرق كان في مدينة بابل من بلاد الرافدين سنة 625 قبل الميلاد ، حيث رُصف شارع الاحتفالات فيها بطبقات من القرميد المشوي والإسفلت، كما ورد ذكر السطوح الإسفلتية في كثير من وثائق التاريخين الإغريقي والروماني، ويبدو أن الإسفلت استخدم لاحقاً لأغراض متعددة، ولاسيما بعد اكتشاف التراكمات الطبيعية من الحجر الإسفلتي في مناطق شتى من العالم، إلا أن استعماله في أغطية الطرق لم يظهر مرة أخرى إلا سنة 1834 ، وقد جرى في سنة 1852 إنشاء طريق إسفلتي امتد من مدينة باريس إلى مدينة بربي جان على البحر المتوسط، كما تم في الولايات المتحدة الأمريكية إقامة أول طريق إسفلتي سنة 1870 ، في مدينة نوارك بولاية نيوجرسي، وقد شاع بعد ذلك استخدام الإسفلت كسوةً للطرق في أنحاء العالم، حتى صار يغطي معظم طرق الكرة الأرضية، ولا يلجأ إلى مواد إنشاء أخرى للكسوة إلا نادراً ، وفي حالات خاصة جداً.

يتألف الغطاء الإسفلتي للطريق من خلطة تتكون غالباً من بحص ورمل يربط بينهما مزيج من مسحوق معدني، ورابط إسفلتي طبيعي أو اصطناعي يُضاف إلى الخلطة بنسبة تراوح بين 3.5٪ و9.0٪، وتكون الخلطة حسب القطر الأعظمي لحبيباتها إما خلطة إسفلتية خشنة بقطر أعظمي يساوي 35ملم، وإما خلطة إسفلتية متوسطة الخشونة بقطر أعظمي يساوي 25ملم، وإما خلطة إسفلتية ناعمة بقطر أعظمي يقع في المجال 12.5- 19.0ملم، وإما خلطة إسفلتية رملية يستبعد منها البحص، ويبقى الرمل بحبيبات لا يتجاوز قطرها الأعظمي 5.0ملم، وينفذ الغطاء من طبقة واحدة أو من طبقتين في معظم الأحوال، توضعان فوق أساس حصوي متماسك، ثم ترصّان بعناية ودقة.

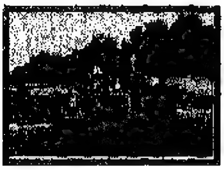
يجري تنفيذ كسوة الطريق بتنظيف سطح الطابق الترابي أولاً، ثم بتغطيته عن طريق سيارة شاحنة مزودة برشاشات خلفية بطبقة من الإسفلت السائل (M.C.O) بدرجة حرارة 60- 70°م، وبعيار 1.5- 2.0كغم/م^2، وذلك للمساعدة على ربط الحبيبات السائبة من سطح الطابق الترابي، وعلى الربط مابين الطابق الترابي وطبقة الإسفلت الواقعة فوقه، وعلى إعاقة وصول الماء إلى الطابق الترابي، ثم تفرش طبقة من المجبول الإسفلتي يدوياً أو آلياً، وبعد ذلك تتم عملية الرص لزيادة ثبات المجبول، والتقليل من ظهور آثار العجلات على الطريق حتى الوصول إلى السماكة المطلوبة للغطاء، وعلى نحو لا تتجاوز نسبة الفراغات فيه 4.0٪، وتراوح سماكة طبقة المجبول الإسفلتي التي ترص دفعة واحدة ما بين 5.0- 15.0سم[1].

تتم عملية الرص على شكل أشواط تنفذها ذهاباً وإياباً مداحل خاصة، ابتداءً من أطراف الطريق وباتجاه تدريجي نحو محوره، وتستمر العملية حتى اختفاء آثار مرور عجلات المدحلة فوق سطح الطريق، وحتى الوصول إلى درجة الرص المطلوبة، ويحظر دوران آلية الرص في أثناء عملها فوق طبقة المجبول الإسفلتي لمنع حدوث زحف المواد، ويجب أن تبلل سطوح عجلاتها بالماء بالقدر الكافي لمنع التصاق المجبول بها، كما يجب منع حركة المرور فوق الإسفلت المرصوص قبل انخفاض درجة حرارته إلى درجة حرارة الجو المحيط، على ألا تقل المدة الفاصلة ما بين الانتهاء من الرص، والتصريح بالمرور عليه عن ثماني ساعات (الأشكال 1- 2- 3- 4).

الشكل (1)

الشكل (2)

الشكل (3)


الشكل (4)

مراحل كسوة الطريق

(1) ROBERT ASHWORTH, Highway Engineering (Heinemann Educational Books, London 1976).

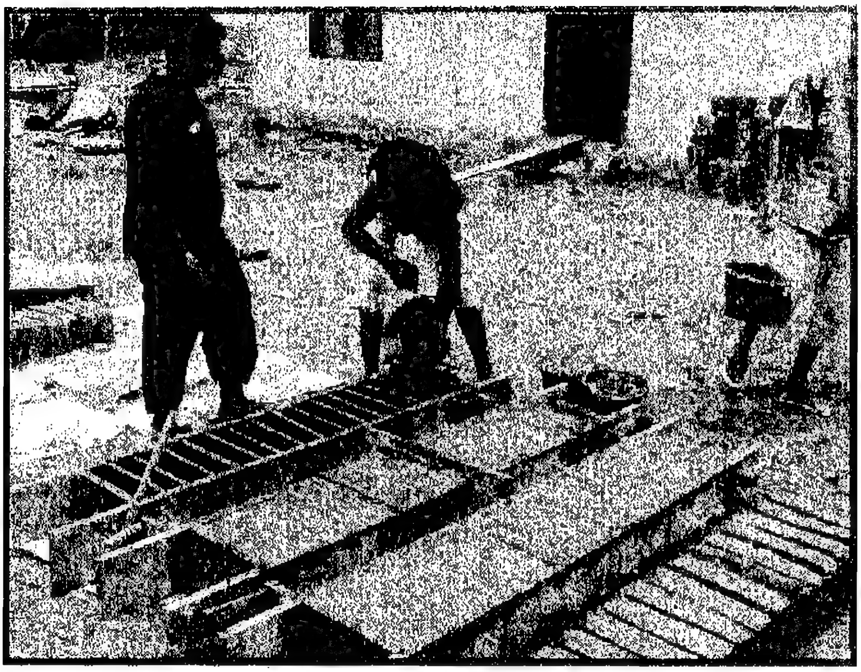
تُحضَّر خلطة المجبول الإسفلتي غالباً في محطات مركزية قريبة، ثم تنقل إلى موقع المشروع بقلّابات شاحنة يمكن أن تكون معزولة لمنع فقدان الحرارة، إذا كانت مسافة النقل طويلة، حيث يجري تفريغها ضمن آليات فرش ميكانيكية توزعها على سطح كامل عرضها بالسماكة المناسبة، ثم تبدأ عملية الرص للمجبول الإسفلتي باستخدام أنواع مختلفة من المعدات التي تسمى في الغالب المداحل أو الهراسات، وهي إما أن تكون ساكنة تعمل بتأثير الوزن الذاتي، وتتحرك آلياً مثل المدحلة ثلاثية العجلات، والمدحلة المزدوجة الساكنة، والمدحلة المركبة، والمدحلة ذات العجلات المطاطية التي تعمل بالهواء المضغوط، أو تتحرك يدوياً مثل المدحلة ثنائية الأسطوانة، أو تكون اهتزازية تتحرك آلياً مثل المدحلة المزدوجة الاهتزازية، والمدحلة المزدوجة الاهتزازية خفيفة الوزن، أو يدوياً مثل صفيحة الرص الاهتزازية.

تهتم مراكز البحوث والشركات العالمية العاملة في مجال الطرق بمجموعة من التوجهات، لتحسين خصائص كسوة الطريق من ناحية، ورفع مستوى أدائها الفني من ناحية أخرى، ولاسيما فيما يتعلق باستخدام مواد رابطة متنوعة لتثبيت التربة تحتها، مثل الجير والإسمنت، واستعمال أنسجة صنعية تثبت التربة وتزيد من مقاومتها لتأثير المياه فيها، وتطوير خلطات إسفلتية تقاوم تأثير الرطوبة، وتخفض الضجيج المروري فوقها بعد الرص، وإنشاء محطات تصنيع المجبول الإسفلتي، حيث يمكن فيها التحكم بدرجة الحرارة وبنسب مكونات المجبول[1].

(1) الموسوعة العربية، يوسف مرعي، المجلد السادس عشر، ص274، (بتصرف).

حرفُ اللام

لَبِنُ البناء : crude bricks



مكعبات اللبن في مرحلة التحضير النهائية

يعدّ لبن البناء crude bricks المصنوع من الطين المادة الأساسية في تشييد الأبنية في المناطق الخالية من موادّ أخرى كالحجر والخشب أو غيرها ، وقد تطور أسلوب البناء بهذه المادة على أيدي سكّان بلاد الرافدين، ويلاحظ ذلك في أبنيتهم التي استخدم فيها على نطاق واسع، فتنوعت قياسات وحدات البناء (اللبنات)، وصارت مكعبات من قياس 38×38سم وسماكة 10- 18سم، كما استخدمت وحدات خاصة لتشييد العقود والقبوات، وذلك بجعل سماكة وحدة البناء من إحدى الجوانب 8 سم والجانب الآخر 10سم.

خواص مادة الطين:

هي مادة طبيعية تتألف من مزيج التربة والماء، والتربة بدورها غضار وجزيئات ترابية أكبر نسبياً من الرمل والحصى، ويعد التركيب الحبيبي لكمية الجزيئات الصلبة المختلفة الأبعاد في التربة (مقدراً نسبة مئوية) من أهم العوامل المحددة لخواص التربة.

يسمى الطين لازباً (دسماً) إذا احتوى نسبة كبيرة من الغضار، ويسمى طيناً خفيفاً إذا كانت نسبة الغضار قليلة فيه، يؤثر الغضار في الطين مادة لاصقة للجزيئات الأخرى الرملية والترابية، ويلاحظ أن الطين الذي يحوي نسبة كبيرة من الغضار له قوة لصق كبيرة تمكنه من أن يمتص الماء بنسبة أكبر من الطين الخفيف، ومن ثم فإن له تمدداً وتقلصاً أكبر.

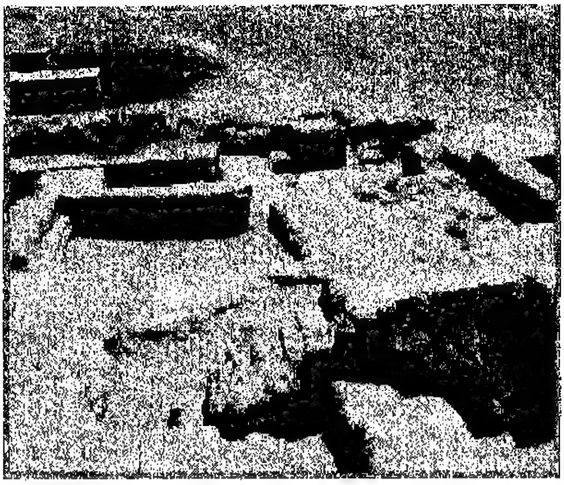
تاريخ استعمال مادة الطين في البناء وتأثيرها البيئي:

حتى بداية القرن العشرين كان الطين أكثر المواد شيوعاً في تقانات البناء، ويسكن ما يزيد على 2 مليار من البشر أبنية استخدم الطين في بنائها.

ومنذ أن نشأت الحضارات الإنسانية الأولى كانت المواد المستخدمة في البناء هي المواد المتوافرة في منطقة البناء، وكانت من الطين والخشب والحجر على الأغلب، ولم يكن هذا الأسلوب المتوارث في البناء من سمات العمارة في المناطق الحارة والجافة فقط، وإنما تعداه ليشمل عمارة المناطق الرطبة والباردة بما فيها شمالي أوروبا أيضاً.

وقد تطورت الطرائق التقليدية للبناء بالطين مع الاستفادة من العلوم التقنية والكفاءات المهنية الخاصة في تصنيع هذه المادة الطينية وتشكيلها منذ قرون، وبلغت أوجها في القرن العشرين، كذلك أثبتت التنقيبات الأثرية وجود حياة ثابتة ومتحضرة في أغلب المناطق العربية منذ أكثر من 8000 عام قبل الميلاد، حيث توافرت الشروط لنشوء مجتمعات سكنية: ريفية ومدنيّة اكتسبت عادات مميزة في البناء، وقد عثر في كثير من المواقع التاريخية المجاورة، مثل تلّ الرماد على نماذج سكنية من الطين تعود إلى 6000- 5800 ق.م، استخدم الطين فيها على شكل

وحدات مصبوبة في قوالب خشبية ومجففة بأشعة الشمس، مع طبقات إكساء ذات أساس كلسي[1].



مكتشفات أثرية من لبن البناء (تل سكا - شرقي دمشق)

استمر البناء بمادة الطين أساساً لما لها من خصائص مناخية وبيئية جيدة في جميع أرجاء بلاد الشام حتى نهاية العهد العثماني، واستمر ذلك في بعض الأرياف ومحيط المدن حتى نهاية الستينيات من القرن العشرين حين غزت مادة الإسمنت أغلبية المناطق، وحلّت مكان الطين[2].

نماذج بناء باللبن والطين في ريف حلب

(1) اتحاد مجالس البحث العلمي العربي، أنماط البناء في الوطن العربي وصناعة الطابوق الطيني، وقائع الندوة التي عقدت في بغداد للفترة 29- 31 أيار 1983 (بغداد 1984).

(2) أنظر أيضاً: موفق دغمان، عمارة الأبنية الطينية في إقليم دمشق: دراسة توثيقية تحليلية (كلية الهندسة المعمارية، دمشق 1999).

تقنيات تحضير الأبنية الطينية وطرائقها وتنفيذها:

ينتشر البناء الطيني على رقعة واسعة من بلاد الشام، وقد تنوعت أساليبه، واختلفت النماذج السكنية في تخطيطها، ويمكن تمييز سكن طيني بسقف مستو عند توافر مادة الخشب، وسقف معقود أو على شكل قبة في المناطق الوسطى والشمالية الشرقية والشمالية منها لعدم توافر الخشب، أما في إقليم دمشق فقد تميز البناء الطيني بتفاصيل إنشائية ومعمارية خاصة نتيجة لتراكم الخبرة عبر آلاف السنين، ويمكن عموماً تمييز ثلاثة أنواع من الإنشاء في إقليم دمشق:

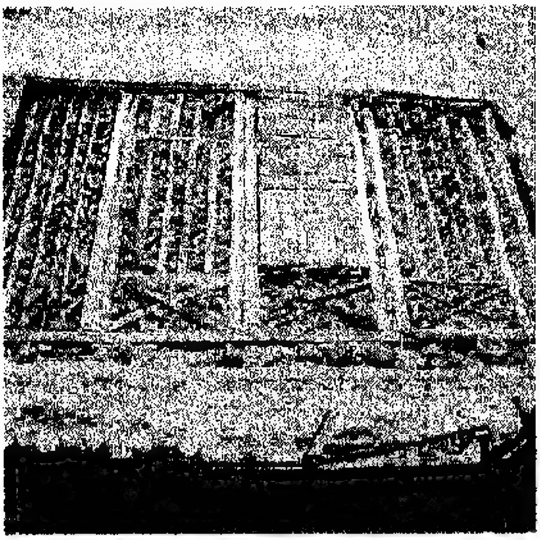
جدران من وحدات اللبن: يتم تحضير اللبن بخلط التربة والتبن بعد تخميره مدة كافية، ثم يجبل المزيج، ويُضرب (يُصب) في قوالب خشبية لصنع قطع تتباين أبعادها بحسب حجم القالب، ثم يسوى سطح القالب، ويزال الطين الزائد بقطعة خشبية، يرفع القالب وتترك القطع، لتجف في مكانها نحو أسبوع أو أكثر، ثم تقلب على حافتها لتجف جفافاً تاماً، وكان يقوم بهذه العملية حرفي يدعى "الطوّاب"، ولهم مصطلحات كثيرة تتصل بأدواتهم ومواد بنائهم.

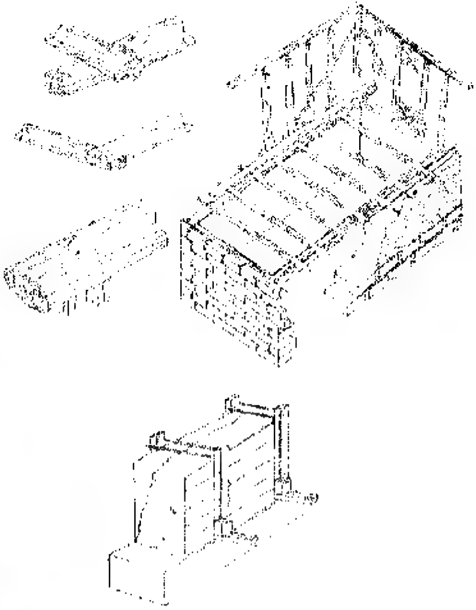
إن البناء بوحدات الطين لا يتطلب يداً فنية كثيرة (عمالاً متدربين)، ولكنها تتميز بإمكانية تصنيع هذه الوحدات في معظم أيام السنة، وتركيب السقف مباشرة بعد الانتهاء من بناء الجدران، في حين لا يمكن إنشاء السقف عند بناء الجدران الطينية دكاً إلا بعد جفاف هذه الجدران، كما أن الوقت الضروري لبناء الوحدات الطينية أقل من الوقت الضروري لبناء الجدران الدك.

- جدران الهيكل المكثف الخشبي: يغلب استعمال هذه الطريقة في السكن ذي الطابقين حيث تستخدم في الطوابق العليا الأخشاب المتوافرة، ويتم إنجاز الجدار على مرحلتين، تشمل الأولى إقامة هيكل من جذوع خشب الحور بعد قشرها ومعالجتها، والثانية ملء الفراغات بقطع اللبن الصغيرة، ثم تكسى الجدران بطبقة من الطين المجبول بالتبن، وتنهى بطبقة من الكلس، ويمكن مشاهدة أبنية من هذا الطراز في العديد من الحضارات، ويعود ذلك لسهولة تنفيذه وخفة وزنه[1].

---

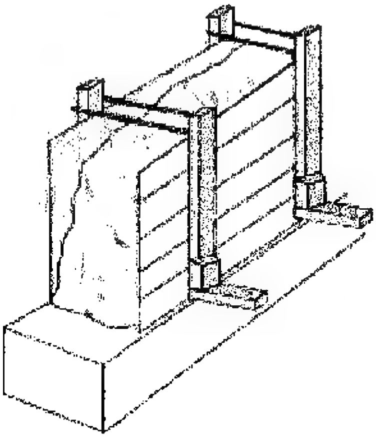
(1) انظر أيضاً: حسن فتحي، العمارة الحضرية بالشرق الأوسط (جامعة بيروت العربية، بيروت 1971).





إنشاء الهيكل الخشبي المكتف- مع وحدات من لبن البناء

- جدران الطين المدكوكة (الدكوك): وهي أقل أنواع البناء باللبن شيوعاً، وقد انتشر في ريف دمشق خاصة، تصاوين للحقول أو الأبنية الريفية، تبنى هذه الجدران من التراب والحصى المجبول بالماء في فراغ بين لوحين من الخشب على شكل قالب بطول 150سم وارتفاع 80- 90سم وسماكة 40- 50سم، يثبت هذا القالب على أساس حجري مستمر، ويربط جانباً القالب بحبال لتثبيتهما، يوضع فيه التراب المجبول، ويدقّ بمدقّة خشبيّة لدكّه وزيادة تماسكه.



إعداد كتلة من جدار من الطين المدكوك

وقد انتشر هذا الأسلوب من البناء الطيني في العديد من الحضارات خاصة المشرقية والأوروبية وأمريكا اللاتينية، ويعد من أبسط طرائق الإنشاء خاصة أنه لا يحتاج إلى معدات وتجهيزات، وبعد أن يجفّ "الدك" ينزع القالب، ويتمّ تمشيط الطبقة الخارجية، وتخرّق بأوتاد خشبية قاسية، ليتكون جدار حامل للطينة الخارجية.

استخدامات الإنشاءات من لبن البناء:

استخدم الإنشاء الطيني في نواح عديدة في الحضارات الإنسانية، واستطاع تلبية معظم احتياجات السكن والبناء، فشيدت منه القصور والقلاع ودور السكن والمساجد ودور العبادة[1]:

أ- المباني السكنية: خضع المسكن الطيني لجملة من المؤثرات الطبيعية والاجتماعية السائدة في البيئة العمرانية، وغالباً ما تتجمع الأبنية الطينية متراصة ومتجانسة، ولا يفصل بينها سوى جدران عازلة، وقد احتوت هذه المساكن على مجموعة من المنشآت الطينية الصغيرة، كصوامع الحبوب وزرائب الحيوانات وغيرها.

ب- المباني العامّة: وقد انتشرت في مراكز المدن التاريخية، وتشتمل على مبان عامة، كالمساجد والحمامات والخانات والإسطبلات وغيرها.

ج- الأبنية الزراعية: تميزت المناطق الريفية بوفرة المحاصيل الزراعية، وتطلّب حفظها وتصنيعها إنشاء أبنية خاصة، كمعاصر الزيتون والدبس ومستودعات الحبوب وغيرها.

وبعد أن كانت مادة الطين من أهم المواد الطبيعية التي أسهمت عبر العصور في العمارة فقد توقّف استخدامها في العصر الحاضر بسبب المؤثرات الغربية، وظهور مواد البناء الحديثة المتطورة والسهلة الاستعمال[2].

(1) أنظر أيضاً: حسن فتحي، العمارة الإسلامية والتعبير الحضاري الأصيل في المدينة العربية المعاصرة، أبحاث ندوة دمشق- المدينة العربية خصائصها وتراثها الحضاري (المدينة المنورة 1981).

(2) الموسوعة العربية، أسامة موفق دغمان، المجلد السادس عشر، ص882، (بتصرف).

حرف الميم

المالطات، الروابط: Binders

المالطات أو المؤونات (المونة) الرابطة والملاط binder، هي مزيج من تربة ورمل ومواد رابطة (إسمنت، جير، مخلفات زراعية) يضاف إليه ماء بكميات محددة، وعندما يستعمل الملاط بحالة لدنة فهي تضمن تماسكاً ميكانيكياً جيداً بين عناصر البناء، ويستفاد منها في ربط وحدات قطع البناء بعضها ببعض في جميع الاتجاهات (الوصلات الأفقية والشاقولية)، كما تسمح بنقل القوى بين العناصر المشكلة للبناء وخاصة القوى الشاقولية (الأوزان الميتة والحية)، وتمكّن من توزيع تلك القوى توزيعاً متجانساً على كامل مساحة الجدار، إضافة إلى أنها تمكن من تسوية سطوح الجدران وإعطائها الأفقية الصحيحة في أثناء التنفيذ.

لمحة تاريخية:

سكن الإنسان في العصر الحجري المغاور، وفي العصر الحجري الوسيط بدأ الإنسان بناء بيته ومنشآته من المواد المتوافرة له وانتقل بعد ذلك إلى إقامة الجدران من الطين المدكوك أو الطين المخلوط بالحصى أو من الحجر، واكتشف الملاط الكلسي ليستخدمه ملاطاً أو مادة رابطة وطبقة للإكساء.

استعمل الملاط الكلسي على نحو متزايد في الترميم والصيانة منذ فترات تاريخية بعيدة، ومن خلال التنقيبات التي تمت في التلال الأثرية بمحيط مدينة دمشق (تل الرماد، تل غريقة، وتل أسود) تبين أن الإنسان الذي استوطن هذه المناطق منذ الألف السابع قبل الميلاد، عرف الكلس واستخدمه ملاطاً ومادة للإكساء، ويلاحظ توزع أفران حرق الجير في محيط الدور السكنية.

تكوّن الملاط تاريخياً من مجموعة متنوعة من المواد التي توفرها الطبيعة المحيطة وأهمها الكلس، وفي تل سكا جنوب شرقي دمشق على بعد 25كم أربع سويات تعود الأولى إلى الفترة الإسلامية والثانية إلى الفترة الكلاسيكية والثالثة إلى عصر البرونز الحديث (1600- 1300 ق. م)، حيث يلاحظ وبوضوح استخدام الملاط الكلسي والمونة من الكلس في أعمال بناء في البيوت، أما السوية الرابعة التي تعود إلى عصر البرونز الوسيط الثاني (1800- 1600 ق. م) فيلاحظ فيها القصر الذي استخدمت فيه المونة الكلسية والملاط وطبقات الجص ذات الأساس الكلسي إضافة إلى الرسوم الجدارية.

وقد تطورت هذه المواد عبر الزمن، حتى تمَّ التوصل إلى المونة الرابطة الإسمنتية، فقد استشعر الحرفيون والبناؤون المزايا الطبيعية لهذا النوع من الملاط وخاصة من الناحية البيئية، لأنه يعطي كفاءة أكبر على المدى الطويل، ويمكن فيما يأتي تبيّن ميزات العمل بالكلس الهدروليكي الطبيعي تقليدياً.

خصائص المالطات وشروطها:

عند مزج المونة يجب أن يكون الخليط متماسكاً جيداً، وقادراً على الاحتفاظ بالماء حيال امتصاص عناصر البناء، إضافة إلى ضرورة أن تحقق المونة المستخدمة في ربط وحدات البناء القدرة على تغير التشكيل بسهولة، وأن تسمح بنفاذ الرطوبة جيداً، أن تكون متوافقة بالتركيب والأداء الميكانيكي مع تركيب وأداء الوحدات والقطع المستخدمة في البناء.

أنواع المالطات:

1- المونة الرابطة الطينية:

تتألف المونة الرابطة الطينية أساساً من:

- تربة معالجة مخلصة من كل الشوائب التي يزيد قطرها على 2ملم، وتعدّ التربة الحمراء المسامية من أجود أنواع الترب المستخدمة في المونة الرابطة.

- ماء: إن إضافة الماء بكميات مناسبة من أهم العناصر الحيوية للوصول إلى مونة رابطة تتوافر فيها شروط التماسك والتجانس.
- ألياف: تعد الألياف تسليحاً للمونة، ويمكن أن تكون من مصادر مختلفة (تبن القمح- أو الشعير- أو الرز) أو مصدر حيواني (شعر الماعز أو وبر الجمال).

2- المونة الرابطة الكلسية:

يستخدم الحجر الكلسي (الجير) المستخرج من مقالعه، ويعبر عنه كيمياوياً بكربونات الكالسيوم، وكان السكان يستخرجونه من الأرض على شكل قطع مستطيلة بطول 40- 50 سم وعرض 4- 5 سم وبسماكة 3- 4 سم، يستخرج العامل في اليوم الواحد نحو 300 كغم، ويجمعه في مكان واحد على شكل قبة مجوفة ذات مدخنة أو في فرن (تنور) لحرقه، ويستعمل نبات البلان، وهو نبات بري شوكي، وقوداً لشي أحجار الكلس فتتحول إلى كلس حي هو أكسيد الكالسيوم، وينطلق غاز الكربون، وبذلك يستعيد الكلس فعاليته ونشاطه فيصير قابلاً للانحلال بالماء والتفاعل معه، وتتشكل منهما عجينة مرنة سرعان ما تتصلب وتلتصق بشدة بالأجسام التي تجاورها.

3- المونة الرابطة الإسمنتية:

تتألف المونة الرابطة الإسمنتية من رمل وإسمنت بورتلندي (الأسود) وماء، يخلط الإسمنت البورتلندي مع الرمل بنسبة 1 إسمنت إلى 4 رمل وزناً، أي 400كغم إسمنت للمتر المكعب من الرمل، وذلك وفقاً للغاية من الخلطة.

يجب ألا تقل المقاومة الميكانيكية المميزة للمونة عن (50) كغم/سم^2 بعد 28 يوم لعينات مكعبة طول ضلعها 7 سم، وتعتمد المقاومة المميزة للمونة وفقاً لتعريف المقاومة المميزة للبلوك.

لا يسمح بالجَبْل اليدوي إلا على سطوح نظيفة ومستوية، ويجري الخلط بكميات صغيرة تكفي للاستعمال في غضون 40 دقيقة فقط، وتستبعد الخلطات

التي تبدأ بالتصلب، كما ويمنع إضافة الماء إلى الخلطة المتصلبة أو الإسمنت أو إعادة استعمالها.

شروط استخدام المونة:

يجب أن يكون الماء المستعمل لخلط المونة نظيفاً وغير حمضياً، كما يجب أن يكون السطح المعد للإضافة نظيفاً.

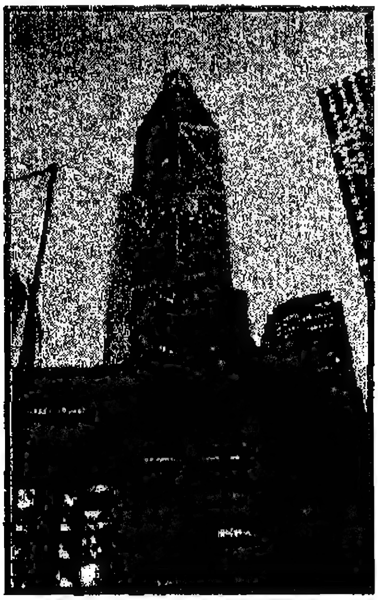
- عند وضع المونة يجب أن تملأ الوصلات بالاتجاهين الأفقي والشاقولي على نحو متجانس.

يجب رش الماء على وحدات البناء وترطيبها باستمرار لضمان عدم جفاف المونة بسرعة.

- يجب أن تكون الوصلات الأفقية والشاقولية متساوية وتراوح بين 1.5 و 1سم.

يجب إضافة المونة الرابطة ومعالجة الوصلات بين المداميك بالاتجاهين الأفقي والشاقولي، وذلك باستخدام أداة خشبية أو معدنية[1].

مبنى : Premises



مبنى المصرف المركزي في الصين

(1) الموسوعة العربية، موفق دغمان، المجلد السابع عشر، ص528، (بتصرف).

المبنى هو ما يشمل موقعاً للبناء، مثل منزل، حظيرة، كنيسة، مسجد، فندق، أو أبنية مماثلة صنعت خصيصاً كمأوى لأيّ شكل من النشاط الإنساني، إن خسر المبنى أيّ من عناصره الإنشائية الأساسيّة، عادة ما يعتبر "أطلال" ويصنف كموقع مفتوح فقط.

"المبنى" يمكن أيضاً أن تعود أهمية استعماله نظراً لارتباطه بوحدة ذات نشاط وظيفي تاريخي، مثل محكمة يرتبط بها بسجن أو منزل له حظيرة.

ومن الناحية الاقتصادية يعتبر موقع البناء أساس العمل التجاري، وهو أحد الموجودات الثابتة للمشروع الاقتصادي.

السجل الوطني للتراث:

البنايات الجديرة بالتأهل للسجل الوطني للتراث هي تلك التي تتضمن كل عناصرها الإنشائية الأساسيّة، أجزاء البنايات، مثل التصاميم الداخلية، الواجهات، أو الأجنحة الإضافية، والتي لو كانت مستقلةّ عن باقي البناية الأصلية لن تكون جديرة بالتأهل للسجل، ينبغي اعتبار المبنى كاملاً، وتعريف معالم تميزه الهامة.

أمثلة لمباني:

مدرسة، حظيرة، قاعة اجتماع، مخزن، مسرح، محطة قطار، مرآب، فندق، منزل، مكتبة، بناية المطحنة، بناية المكاتب، مكتب بريد، بناية إدارية، عربة حمّالة منزل، دور العبادة، قاعة مدينة صغيرة أو قاعة المدينة، محكمة، مطبخ منفصل، أو ملحق، عنبر أو سكن طلبة، حصن[1].

---

(1) ويكيبيديا، الموسوعة الحرة، (بتصرف).

المتاحف (هندسة -) : Museums (Engineering-)

للمتاحف بجميع أنواعها أهمية كبيرة في جميع البلدان، وقد أبدع المهندسون المعماريون في تخطيط المتاحف وبنائها الذي تتوافر فيه كل متطلبات الزوار، مما جعل عمارة المتاحف فناً له أهمية كبيرة في ميدان البناء.

أنواع المتاحف:

1- تصنيف المتاحف حسب نوع المعروضات:

أ- المتاحف التاريخية: كمتاحف المعابد القديمة ومتاحف كنوز الأمراء والمتاحف الأثرية ومتاحف الآثار الحجرية ومتاحف المواقع الأثرية التي تحفظ فيها الآثار في مواقع اكتشافها ومتاحف التاريخ الطبيعي.

ب- المتاحف الفنية: كمتاحف الفن الحديث ومتاحف الأزياء والملابس ومتاحف الفنون الأخرى كمتاحف الشمع وفن "الكاريكاتير".

ج- المتاحف العلمية والتربوية: كمتاحف الأعلام والمتاحف الأدبية والموسيقية والتربوية والعلمية ومتاحف الوثائق والطوابع.

د- المتاحف الصناعية: متاحف التقنيات ومتاحف الصناعات اليدوية والتقاليد الشعبية ومتاحف وسائل النقل ومتاحف الزجاج والصناعات الاختصاصية.

هـ- المتاحف البحرية: متاحف الصيد ومتاحف الوسائط البحرية.

و- المتاحف الزراعية: متاحف الأدوات والآليات الزراعية والتربة والحيوانات والدواجن وغيرها.

ز- متاحف المدن: متاحف المباني ومتاحف المدينة.

ح- متاحف الأطفال: متاحف تجهيزات الأطفال ومتاحف الألعاب.

ط- المتاحف الحربية.

ي- المتاحف الأتنوغرافية.

2- أنواع مباني المتاحف:

أ- المتاحف المؤسسة في المباني التاريخية والأثرية القديمة كالقصور والقلاع والمعابد والأبراج والحصون والحمامات والخانات والجامعات والتكايا، وهذه المتاحف لها الخصائص الآتية:

- تضفي هذه المباني جواً تاريخياً ينقل الزائر إلى عالم غابر وتجعل المعروضات التاريخية تعرض في بيئتها الطبيعية المناسبة.
- يسهم توظيف هذه المباني في إنقاذها وحمايتها واستمرار وجودها وشهرتها وزيارتها.
- تنمية الحس الحضاري وإثارة الذكريات المختلفة المتعلقة بالمبنى التاريخي.

أما الصعوبات الناجمة عن عرض المجموعات المتحفية في المباني القديمة فهي:

- التقيد بظروف المبنى وشروطه وعدم إمكانية القيام بأي تعديل فيه.
- تعذر تطبيق الطرق المتحفية الحديثة في المباني القديمة من إضاءة وأجهزة إنذار وقواعد العرض.
- صعوبة فتح أبواب جديدة في المبنى لتسهيل تجول الزائرين في الأقسام التاريخية.
- صعوبة التوسع في المبنى مع ازدياد المعروضات في المتحف.
- صعوبة القيام بالخدمات اللازمة للمبنى من صيانة وتنظيف ووضع أجهزة سمعية وضوئية وغيرها[1].

ب- المباني الحديثة للمتاحف، وتتميز بالخصائص الآتية:

- تأمين كل متطلبات العرض من إضاءة وتكييف وأجهزة إرشاد ومرآب...
- الحرية في اختيار الموقع المناسب لتشييد المبنى إضافة إلى إمكانية التوسع المستقبلي بإضافة أجنحة جديدة.

---

(1) أنظر أيضاً: بشير زهدي، المتاحف (منشورات وزارة الثقافة السورية، 1988).

تعد هذه المباني مناسبة جداً لمتاحف الفنون الحديثة ولكن تتطلب جهوداً خاصة لتصبح مناسبة لعرض اللقى والمجموعات الأثرية والتاريخية.

المبادئ الأساسية في تصميم المتاحف:

1- مكونات المتحف:

تختلف مكونات مبنى المتحف تبعاً لنوعه وحجمه وأهميته، وهو عامة يحوي ما يأتي:

- صالات العرض: في الحالة التي تكون فيها صالات العرض كلها بحجم واحد يكون ذلك مملاً لذلك تتغير المقاسات والعلاقة بين الارتفاع والعرض وتستعمل ألوان مختلفة للجدران مما يوفر دافعاً فورياً للاهتمام، أما بالنسبة لحجم الصالات فيكون متناسباً مع نوع المعروضات وحجمها، وتصمم حديثاً صالات عرض واسعة لخلق فراغات غير منتظمة بحيث يمكن تركيب فواصل متحركة خفيفة الوزن بينها توضع حسب الحاجة.
- خدمات صالات العرض: كقسم الصيانة الذي تتم فيه عمليات صيانة المعرض وتخزين المواد إضافة إلى الطباعة والتصوير والإلكترونيات والخدمات التقنية اللازمة من تدفئة وتكييف وغيرها[1].
- إدارة المجموعات والإدارة اليومية: يغطي هذا القسم جميع الوظائف العلمية والإدارية المتعلقة بالمتحف.
- قسم الإدارة اليومية: يقوم بالتحكم بالحركة ودخول العامة والبحث، ويتألف من مكاتب للمديرين ورؤساء الأقسام ومكاتب للموظفين وخدماتها.
- الخدمات الثقافية: إن المتاحف منشآت ثقافية وترفيهية بآن واحد لذلك يجب أن تتضمن بعض النشاطات الثقافية كصالة محاضرات وغرفة نشاطات، إضافة إلى المكتبة وأقسام البحث والدراسة.
- الخدمات الترفيهية: كمطعم أو مقصف.

(1) MICHAEL J.GROSBIE" Museums and Art Galleries (2003).

2- الحركة في المتحف:

يترافق موضوع الحركة في المتاحف مع أحجامها وترتيب المعروضات فيها وتنظيمها في الفراغات وتنظيم حركة الزوار.

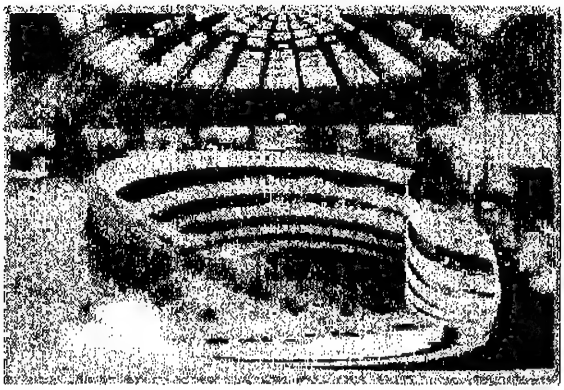
تختلف طرائق الترتيب للمعروضات تبعاً لمجموعة من النظم والاحتمالات، ويعدّ المدخل المنظم الأول لتدفق الزائرين ويقع على المدخل عاتق توجيه الزوار للحركة سواء كانت الجولة مع مشرف أم حرة، إذ تبدأ حركة الزوار من المدخل الرئيسي الذي يؤدي إلى ردهة كبيرة تتوضع فيها الخدمات الأساسية كافة، ثم يتم الانتقال من هذه الردهة إلى صالات العرض التي تتنوع طرق الانتقال بينها.

- كانت النماذج المبكرة للمتاحف تجبر الزائر على المرور من خلال غرف العرض المتعددة لكي يصل إلى الصالة أو الغرفة المطلوبة، مثل متحف اللوفر في باريس.
- لاحقاً اعتمد نظام الطريق ذي المسار الواحد والمستخدم غالباً في المتاحف الصغيرة، لأنه يوفر المساحات ويسهل المراقبة، ويضمن للزوار إمكانية الخروج في طريق تجوالهم إذا أرادوا قطع زيارتهم أو تحديدها من دون الرجوع إلى الوراء والدخول إلى صالات قد زاروها مسبقاً للوصول إلى المخرج.
- اعتمدت متاحف أخرى أكثر من مدخل خارجي حيث لا يكون الزائر مجبراً على إتباع دائرة معينة في حركته، ويسمح له بالحركة بصورة حرة مثل متحف الفنون الجميلة، في مدينة هيوستن بالولايات المتحدة الأمريكية، (الشكل 1).

(الشكل 1)

في المتاحف الضخمة غالباً ما يتم الانتقال المباشر من صالة المدخل إلى الطابق العلوي عن طريق مصاعد كبيرة، ومنها يتم السير ضمن صالات العرض كافة من الأعلى إلى الأسفل عن طريق ممرات منحدرة ومنها إلى المخرج، مثل متحف غوغنهايم في نيويورك، الولايات المتحدة الأمريكية، (الأشكال 2 و3).

الشكل (2)



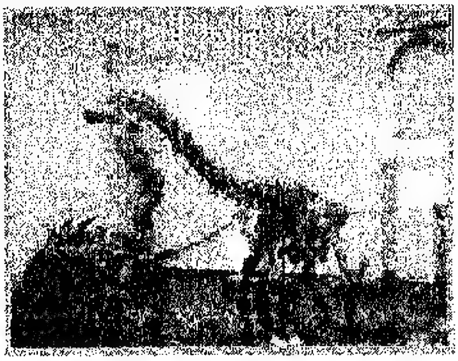
الشكل (3)

3- أساليب العرض في المتحف:

تختلف أساليب العرض المتحفي حسب نوع المتحف وأشكال الصالات ونوع المعروضات وحجمها ويمكن إجمال تلك الأساليب بما يأتي:

- العرض على الجدران على شكل صورة معلقة كما في متاحف الفنون عامة.
- العرض على شكل حافظة معلقة على الجدار غالباً ما تكون مزججة كما في متاحف الآثار الحجرية والمتاحف الموسيقية والمتاحف العلمية والتقنية ومتاحف الزجاج ومتاحف الصناعات الاختصاصية ومتاحف الصيد.
- العرض بشكل مباشر على مسند مرتكز على الجدار، كما في متاحف النوع السابق.
- العرض على الأرضية مباشرة من دون قاعدة وتستخدم هذه الطريقة عامة في المتاحف التقنية أو المتاحف ذات المعروضات الضخمة، متحف أونتاريو- كندا Art Gallery of Ontario (الشكل 4).
- العرض على حمالات سقفية كما في المعارض العلمية، مثال متحف سنكنبورغ، فرانكفورت، ألمانيا (الشكل5)[1].

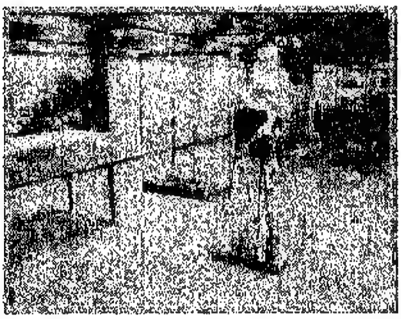
(1) HEINRICH KLOTZ & WALTRAUD KRASE" New Museum Buildings in the Federal Republic of Germany (1985).



الشكل (4) الشكل (5) الشكل (6)

- العرض على قاعدة مستندة إلى الأرضية مباشرة، وتستخدم في متاحف الفنون ومتاحف الصناعات اليدوية والتقاليد الشعبية ومتاحف الأزياء ومتاحف المباني والمدن، مثال مركز غيتي Getty Center في كاليفورنيا، (الشكل 6).

العرض على لوحات منتصبة للعرض كما في المتاحف الأدبية ومتاحف الوثائق والطوابع، مثال متحف الآثار - فرنسا Musée Archeologique ومتحف اونتاريو - كندا Art Gallery of Ontario (الشكل 7).



الشكل (7) الشكل (8)

العرض في صناديق ثابتة أو متحركة متنوعة الأشكال والأحجام مستندة إلى الأرض كلياً أو جزئياً، كما في متحف الطب البيطري في زوريخ (الشكل 8).

4- إنارة المتحف:

للإنارة دور مهم في إظهار خواصّ المعروضات ومزاياها بجميع تفاصيلها وموادها ونقوشها.

وعلى الرغم من أن الكهرباء ذات ميزات يمكن من خلالها تأمين محاكاة للإنارة الطبيعية في كل المجالات، وهي سهلة الاستخدام والوصل وغير محدودة الإمكانات في التدرج وشدة الإضاءة والتأثير.

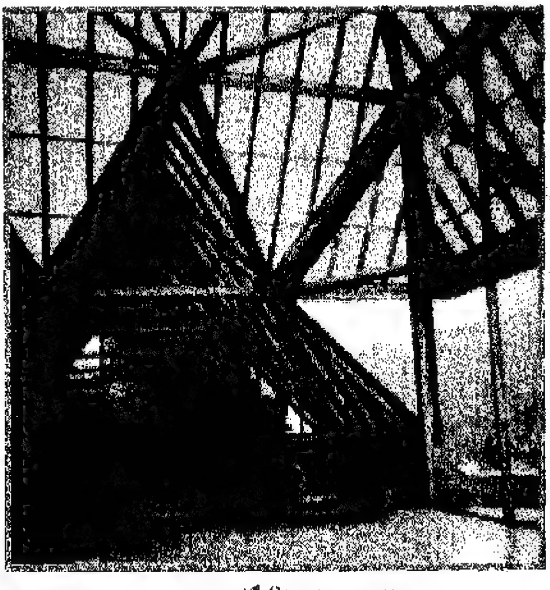
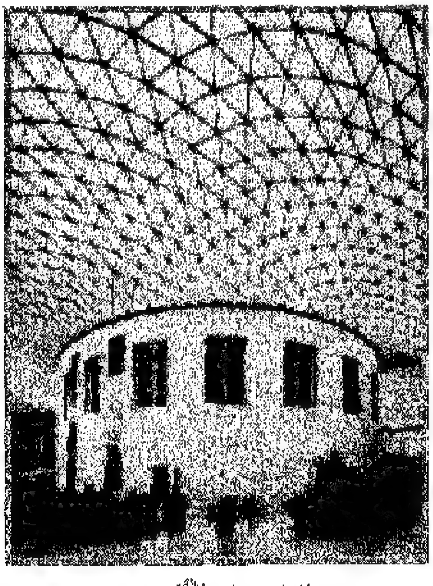
إن الضوء الطبيعي يبقى هو الأفضل لإنارة المتاحف على الرغم من الاختلافات والصعوبات التي تطبعه باختلاف الفصول.

من هنا يجب أن تدرس بصورة دقيقة مسألة الإنارة لتحديد نوعها (طبيعية- اصطناعية) وقوتها وتوزعها بما يتلائم مع نوع المعروضات، وفيما يأتي حالات الإنارة الممكنة:

- إنارة طبيعية علوية (الشكل 9) أو جانبية للفراغ، مثل المتحف البريطاني.

إنارة طبيعية لصالة العرض مدعومة بضوء اصطناعي، مثل متحف الضوء الطبيعي- شيغا، اليابان Japan Daylight Museum (الشكل 10).

- إنارة طبيعية للخلفية في صالة العرض إضافة إلى التركيز على المعروضات بإنارة اصطناعية.
- إنارة طبيعية علوية إضافة إلى إنارة اصطناعية للمعروضات.
- إنارة اصطناعية منتشرة أو موجهة أو مركبة لصالة العرض.

الشكل (10) — الشكل (9)

5- الأمن والحماية:

آ- حماية المتحف من السرقة: تعد المتاحف من أكثر المنشآت تعرضاً للسرقة فيجب حمايتها جيداً والاهتمام بما يأتي:

مراقبة الساحات العامة المحيطة.

الحد من نقل المعروضات من وإلى صالات العرض.

وضع الكواشف على محيط الأسوار والنوافذ والأبواب ودراسة الفتحات بشكل يمنع المرور عبرها.

توزيع أجهزة إنذار مرتبطة مع مراكز الأمن أو الشرطة.

تأمين حماية خاصة للأشياء القيمة والصغيرة والمرغوبة على نحوٍ خاص، كالنقود والميداليات، عن طريق وضعها داخل صناديق عرض مغلقة.

- حماية المبنى وصيانته خارج أوقات الدوام من أجل المراقبة المستمرة على أعمال الصيانة.

ب- حماية المتحف من الحريق:

- تقسيم صالات العرض والمستودعات إلى أقسام مقاومة للحريق (لا تتجاوز 1500 م²).
- إنشاء بيوت الدرج والأبواب من مواد مقاومة للحريق.
- توزيع أنظمة سحب دخان.
- الإقلال من استخدام المعدات القابلة للانفجار في الأماكن القريبة من صالات العرض.

الإقلال من استخدام المواد والمعدات القابلة للحريق في المبنى كالخشب.

- توزيع أنظمة كشف الحرائق الحساسة للحرارة أو للدخان على نحو مرتبط أوتوماتيكياً مع محطات الإطفاء المحلية ما أمكن.
- توزيع مطافئ قابلة للحمل من جميع الأنواع.
- عدم وضع أنظمة الضخ الآلية التي تستخدم الماء قرب المعروضات.
- استخدام أنظمة إطفاء الحريق في مخازن اللوحات والأرشيف.
- وضع إشارات دلالة للزوار توضح مخارج النجاة.

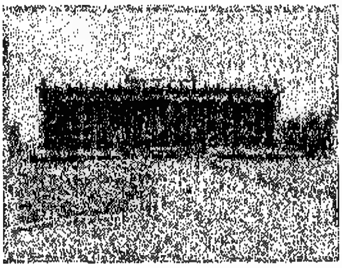
تطور التشكيل الحجمي والفراغي في المتاحف الحديثة:

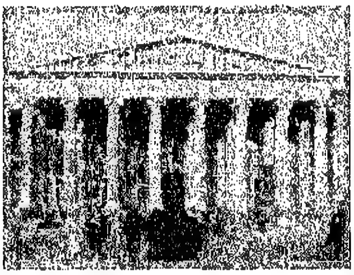
استمرت فترة طويلة فكرة تصميم المتاحف على أنها تعكس روح المعابد الإغريقية والرومانية القديمة أو قصور عصر النهضة أو كنائس القرون الوسطى.

إلا أن الإنجازات التي توصل لها العقل الإنساني في المجالات كافة والتطورات الاجتماعية والثقافية التي رافقت ذلك، أسهمت في تطوير جوانب متعددة في تصميم المتحف، وخاصة في تطوير التشكيل المعماري للمتحف مع بقائه متمسكاً في بعض الأحيان بنقل روح تلك القصور القديمة وتطوير مفاهيم القدماء في الأسس التشكيلية لبعض العناصر لديهم.

معظم هذه الأسس قد استنبطت من العمارة الرومانية والتي بدورها كانت قد أخذتها عن العمارة الرافدية القديمة، فمعظم خصائص البيت الروماني مشابهة لتلك التي في المنزل الرافدي وخاصة عنصر الأتريوم Atrium: وهو عبارة عن فناء يحيط به سمر تتوزع حوله الغرف، وعنصر الروتندا Rotunda: وهو فراغ دائري استخدم في معبد البانثيون كفراغ أساسي غطي بقبة ضخمة مثال معاصر للروتندا مركز للفن البصري، كاليفورنيا Center for Visual Arts' California (الشكل 11).

الشكل (11)


الشكل (12)


الشكل (13)

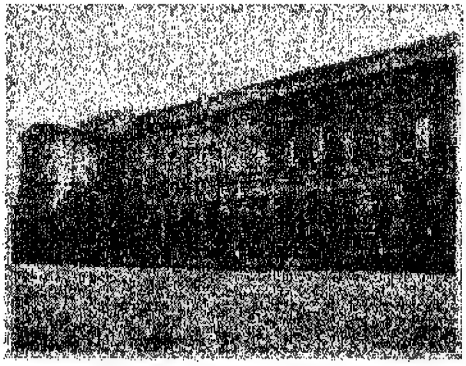
تعود أهمية العنصرين السابقين إلى ظهورهما المستمر في التشكيلات الحجمية الخاصة بمتاحف الفن الحديث في القرن التاسع عشر، وظلت تنتقل عبر الأجيال مع دخول بعض التطورات عليها نتيجة التقدم التقني والصناعي المهم منذ نهاية القرن التاسع عشر حتى أواخر القرن العشرين.

أ- المتاحف في فترة العمارة الكلاسيكية (القرن التاسع عشر): تمسك المعماريون بالعناصر السابقة (الروتندا والأتريوم) إيماناً منهم بأن المتحف هو معبد للجمال، ولكن من دون أي محاولة للتطوير في هذه العناصر، على الرغم من التطورات التي طرأت على طبيعة العصر.

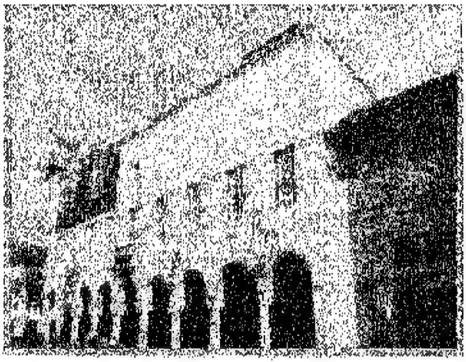
ومن الأمثلة المهمة على ذلك متحف للمعماري فريدريك شنكل في ألمانيا، والذي بني بين العامين 1824 - 1828، وسمي فيما بعد بالمتحف اللوحة (الشكل 12).

كذلك اعتمد المتحف البريطاني (1823 - 1827)، على عنصر الأتريوم (الشكل 13) وكذلك مثال متحف بازل للفن Basel Kunst Museum، (الشكل 14).

إضافة إلى ذلك ظهرت بعض المتاحف التي لم تعتمد على الأتريوم أو الروتندا بل اعتمدت على حل حركة الزوار وتغليفها بحجم مناسب، مثل متحف بيناغوتيك في مونيخ، ألمانيا (1952 - 1957)، للمعماري ليوفون كلانز (الشكل 15).



الشكل (15)



الشكل (14)

2- المتاحف في النصف الأول من القرن العشرين: أسهم التقدم الملحوظ في هذه الفترة بتطوير الرؤية المعمارية وفي دعم عمارة المتاحف وتطوير العناصر التشكيلية الموروثة بشكل تحل المتطلبات الجديدة للمتحف، مثال ذلك متحف غوغنهايم في نيويورك الذي سبق ذكره، والذي استخدم عنصري الأتريوم والروتندا ولكن بشكل مطور.

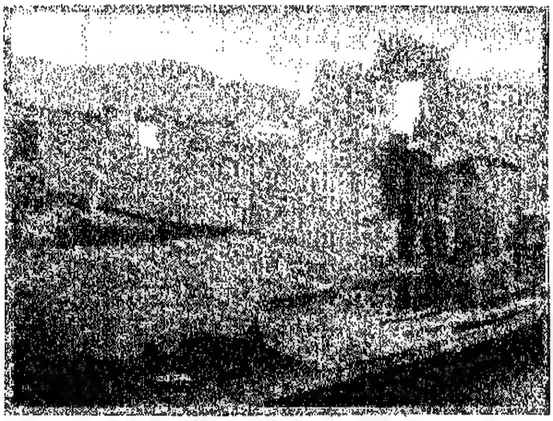
كما تطوّر مفهوم الأتريوم كذلك، ومثاله متحف الفنون الجميلة، في هيوستن (1954)، للمعماري ميس فان درروبه[1].

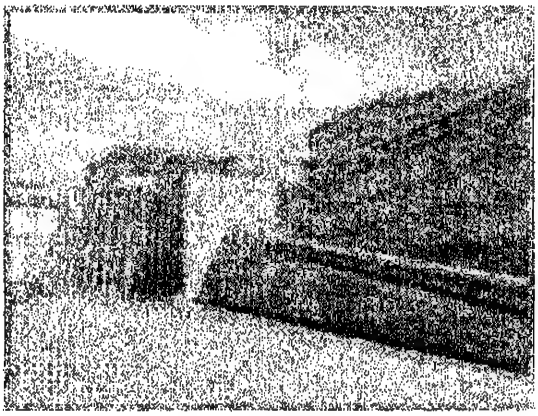
3- المتاحف في النصف الثاني من القرن العشرين: بقي بعض المعماريين مصرِّين على الشكل التقليدي للأتريوم، مثل متحف يوتكا (1956 - 1960) للمعماري فيليب جونسون.

(1) JUSTIN HENDERSON" Museum Architecture (1998).

وفي فترات لاحقة اعتمد بعض المعماريون على أسلوب التلميح والإشارات بالاستفادة من العمارة الكلاسيكية لبعض العناصر التشكيلية، مثل متحف التوسع في ألمانيا (1977 - 1984) لجيمس ستيرلينغ وميشيل ميلفورد، (الشكل 16).

إلا إن معظم معماريي هذه الفترة سعوا في تشكيلاتهم الحجمية والفراغية إلى ما هو غير تقليدي مع الاحتفاظ أحياناً بعنصري الأتريوم والروتندا ولكن بأشكال بعيدة عن المعتاد، كالمتحف العالي للفن في جورجيا، (1980 - 1983) للمعماري ريتشارد ماير، ومتحف التوسع الشرقي لمتحف الفن الوطني بواشنطن (1967 - 1971) للمعماري ليو مينغ باي.


الشكل (17)


الشكل (16)

وقد كان لبعض المعماريين رأي خاص في تصميم متحف الفن الحديث، فظهرت مجموعة من المتاحف البعيدة كل البعد عن الأشكال والأفكار التقليدية، مثل متحف غوغنهايم في مدينة بلباو، إسبانيا، للمعماري فرانك و. غيري Frank O. Gehry، وقد افتتح عام 1997، وعدّ من النماذج المتقدمة التي يعبر فيها المعماري عن وجهة نظره الخاصة في تصميمه للمتحف الحديث، (الشكل 17)[1].

محابس المياه: Water locks Ecluses

المحابس المائية water locks منشآت ومعدات مائية تستخدم في مجاري النقل المائي وشبكات الري ومياه الاستعمال المنزلي، وظيفتها تحويل جزء من

(1) الموسوعة العربية، بيير تانر، المجلد السابع عشر، ص638، (بتصرف).

التصريف المائي للمجرى أو كامله، وتنظيم ارتفاع كمية المياه التي تتدفق في الأقنية وانخفاضها، وفتح شبكات الري والمياه المنزلية وإغلاقها حسب الحاجة.

يعتمد مبدؤها السيطرة على مستوى المياه وكميتها والتحكم بهما، مما دفع الإنسان إلى ابتكار الصمامات والمحابس المائية وتطويرها تبعاً لتطور الحياة الإنسانية، فكان بداية ضيق المستوى، مثل رفع المياه ضمن الأقنية أو تحويلها من منطقة إلى أخرى باستخدام الحجارة والأتربة، ومن ثم تطور هذا المبدأ، ليصير منشآت مائية مثل السدود والبوابات والقنوات الصنعية والصمامات لتحويل المياه من مصادرها الطبيعية، ومن ثم نقلها إلى المزارع لاستعمالها في الري، أو إلى الأبنية المختلفة لاستعمالها في الشرب والغسيل.

لمحة تاريخية:

حاول الإنسان منذ أقدم العصور السيطرة على المياه لما لها من أهمية في حياته، إذ تُعدّ مصدر رخائه وسعادته وفي الوقت نفسه مصدر رعب وخوف، مما دعاه - منذ العصور القديمة - إلى محاولة التحكم بالمياه بإنشاء المحابس المائية المختلفة.

تكشف المخطوطات المنسوبة لحمورابي منذ نحو2000عام ق.م أنه كان إدارياً ناجحاً وحازماً، فيذكر في أحد قوانينه "أن من أهمل تقوية المجاري المائية المجاورة لأرضه، وتسبب نتيجة لهذا الإهمال في اكتساح المياه للحقول المجاورة، فعليه أن يعوض أصحابها ما فقدوه من المحاصيل والحبوب".

ويعتقد أن إحدى ملكات آشور القديمة التي عاشت قبل عام 2500ق.م قد اتسم عهدها بالخير والرخاء، فقد أصدرت توجيهاتٍ لحكومتها تقضي بإنشاء محابس مائية لتحويل مياه الأنهار وري الأراضي القاحلة، وقد حفر على قبر هذه الملكة ما يأتي: "لقد قهرت المياه، فتدفقت وفقاً لرغبتي تبعث الخصب للأرض بعد جدبها وخلوها من السكان".

وهذا ما يؤكد استمرار عملية التحكم بالمياه بالمحابس المائية منذ آلاف عدة من السنين في وادي النيل، ومنذ عصور سحيقة في سورية وبلاد فارس والهند وجاوا وإيطاليا، وتفخر اليوم مصر ببناء أقدم سد في العالم منذ (5000 عام

مضمنة) بلغ طوله نحو 108م وارتفاعه 12م، وذلك لتخزين مياه الشرب والري، والتحكم بها بالمحابس المائية.

وفي الصين بدأ إنشاء المحابس المائية منذ أكثر من 4000 عام، إذ كان مقياس نجاح ملوكها متوقفاً على مدى تقدمهم وحكمتهم في استخدام أساليب السيطرة على المياه بوساطة إنشاء المحابس المائية، وانتخب فيها عام (2200 ق.م) الملك يو من أسرة هسيا ملكاً تقديراً لعمله المتميز في فن التحكم المائي بالمحابس المائية، كما أن سد توكيانج الشهير الذي ما يزال قائماً إلى اليوم، قام بتشييده "لي" وابنه في عهد أسرة تشين عام 2000 ق.م، وذلك بهدف التحكم بالمياه وإمداد حقول الأرز بمياه الري.

- وفي سري لانكا ثمة خزانات يناهز عمرها 2500 عام، كما جاء في مخطوطاتها المدونة في عام 300 ق.م أنها كانت خاضعة كاملة لنظم التحكم بالمياه بوساطة المحابس المائية، ومن ثم كان الرخاء فيها شاملاً لتمكنهم من زراعة محصولين وحصادهما سنوياً.
- وجد الإسبان في القرن الخامس عشر عند غزوهم المكسيك والبيرو أنهما كانا يستعملان وسائل متقنة لتخزين الموارد المائية ونقلها والتحكم بها.

وهكذا فإن التحكم بالمياه يعد من التقنيات البالغة الأهمية سواء في المناطق الجافة من العالم لتوفير المياه الضرورية، أو في المناطق الرطبة التي لا تقل أهمية التحكم بمياهها عن سابقتها، وذلك لمنع أضرار المياه، وقد أدى التنازع على البقاء وتزايد الحاجة إلى كميات إضافية من الطعام إلى التوسع السريع في ممارسة عمليات التحكم بالمياه ومناسيبها بالمحابس المائية يدوياً وآلياً[1].

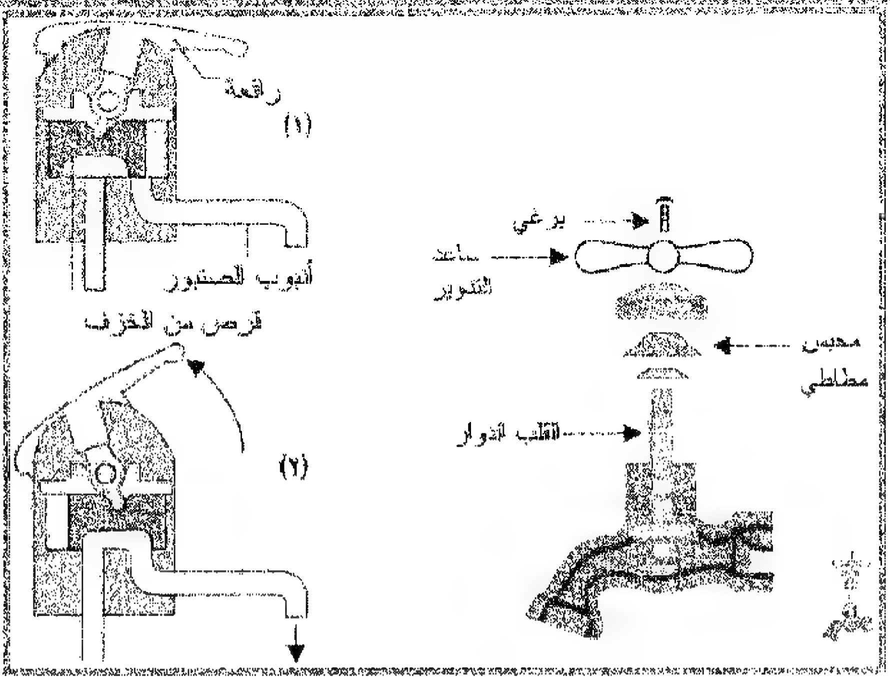
أنواع المحابس المائية وأهميتها:

1 - محابس المياه أو الصمامات المائية:

- محابس الإغلاق والفتح أو محابس التحكم: تستخدم في فتح شبكات الري والشرب وقفلها (الشكل 1).

---

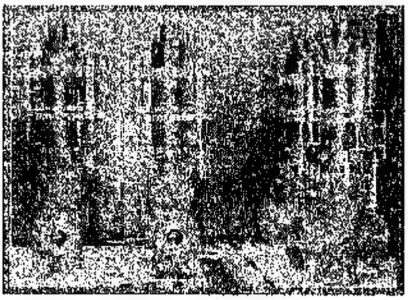
(1) انظر أيضاً: علي عبد الحفيظ حلمي، أسس الري وعملياته (دار جون وايلي وأبنائه 1984).



الشكل (1) محابس يدوية لفتح شبكة الري وقفلها

- محابس عدم رجوع المياه: الغرض منها منع رجوع المياه في الاتجاه العكسي لحركتها، ولاسيما في حال استخدام الأسمدة في شبكة الري، وللحيلولة دون حدوث تلوث للمصدر المائي بعكس اتجاه المياه.
- محبس صمام تخفيف الضغط: غالباً ما تحدث زيادة في الضغط المائي داخل الشبكة نتيجة إيقاف المضخة أو تشغيلها، أو بسبب الإغلاق المفاجئ لأي صمام آخر.

تصنع الصمامات من المعدن أو اللدائن غالباً، ويمكن أن تقوم بالتحكم وتخفيف الضغط في آن واحد، تتنوع محابس التحكم، فمنها ما يعمل هيدروليكياً، وأخرى كهربائياً مع مقبض للتشغيل اليدوي (الشكل 2).

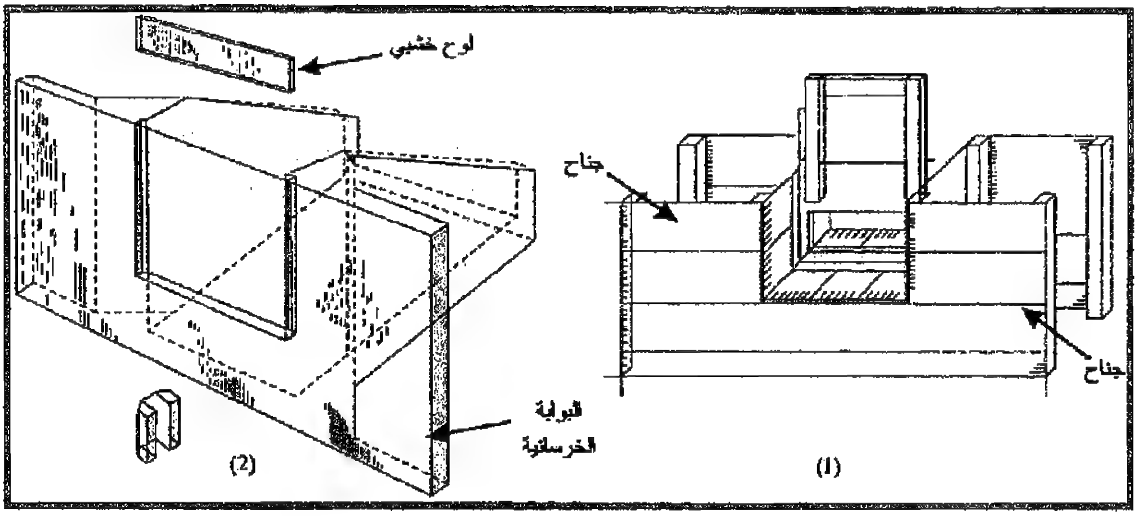


الشكل (2) محابس كهربائية لقفل شبكة الري وفتحها

2- بوابات التحكم:

وتنشأ عبر مجرى مائي للتحكم بوساطتها بالمياه الجارية في الأقنية الرئيسة والفرعية ولتحويل جزء من تصريف المجرى المائي أو كامله، كما هو المتبع في إنشاء السدود والهدارات على الأنهار. وتشتمل على الأنواع الآتية:

- بوابات التحكم المقامة على أقنية الري: تعمل محابس مائية للمآخذ، ولاسيما في مآخذ المجاري المائية الصغيرة التابعة للأقنية الرئيسة الكبيرة. تستعمل في هذا النوع الأخشاب لرفع منسوب المياه (الشكل 3- أ)، ويمكن أن تكون من الخرسانة مع لوح خشب أو معدن (الشكل 3- ب).



الشكل (3- أ) بوابة خشبية ذات جناحين قياسية للتحكم بتوجيه المياه

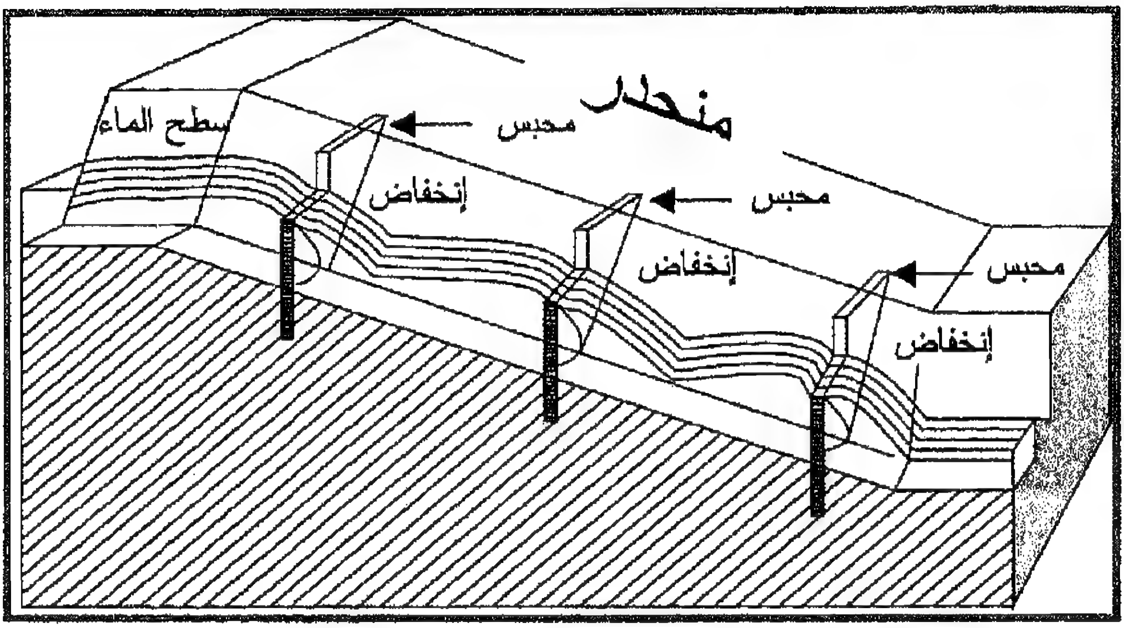
الشكل (3- ب) بوابة تحويل خرسانية ولوح خشبي

يتم التحكم في هذه المحابس يدوياً أو كهربائياً من بعد، وفي الزراعات الصغيرة يستعمل مزارعون كثيرون السدود الترابية المؤقتة لتحويل المياه في الأقنية الصغيرة باستخدام المجارف العادية، أو بالقش والحشائش التي تثبت في مكانها بأوتاد خشبية، وذلك في الترب المعرضة للتآكل والانجراف، وهذه المحابس المؤقتة غير مناسبة للمجاري المائية التي يزيد تصريفها المائي على 50 لتر/ثانية[1].

---

(1) أنظر أيضاً: رياض بلدية، المنشآت المائية (جامعة فروتسواف، فروتسواف، بولندا 1992).

- محابس المياه في المنحدرات: تُنشأ هذه المحابس من الخشب، أو الخرسانة أو الحديد، وتكون فعّالةً في حال نقل المياه في المنحدرات، إذ يمكن التحكم جيداً بوساطتها في سرعة المياه، فلا ينتج أي هتك أو انجراف في قاع القناة وجوانبها، يهبط الماء عبر هذه المحابس مسافة قصيرة وتخف طاقة جريانه المائي المتدفق، ومن ثم تعمل أحواض تهدئة وتخميد، ويمكن أن تكون هذه المحابس متعاقبة ومتقاربة من بعضها بعضاً حسب شدة الانحدار (الشكل 4).



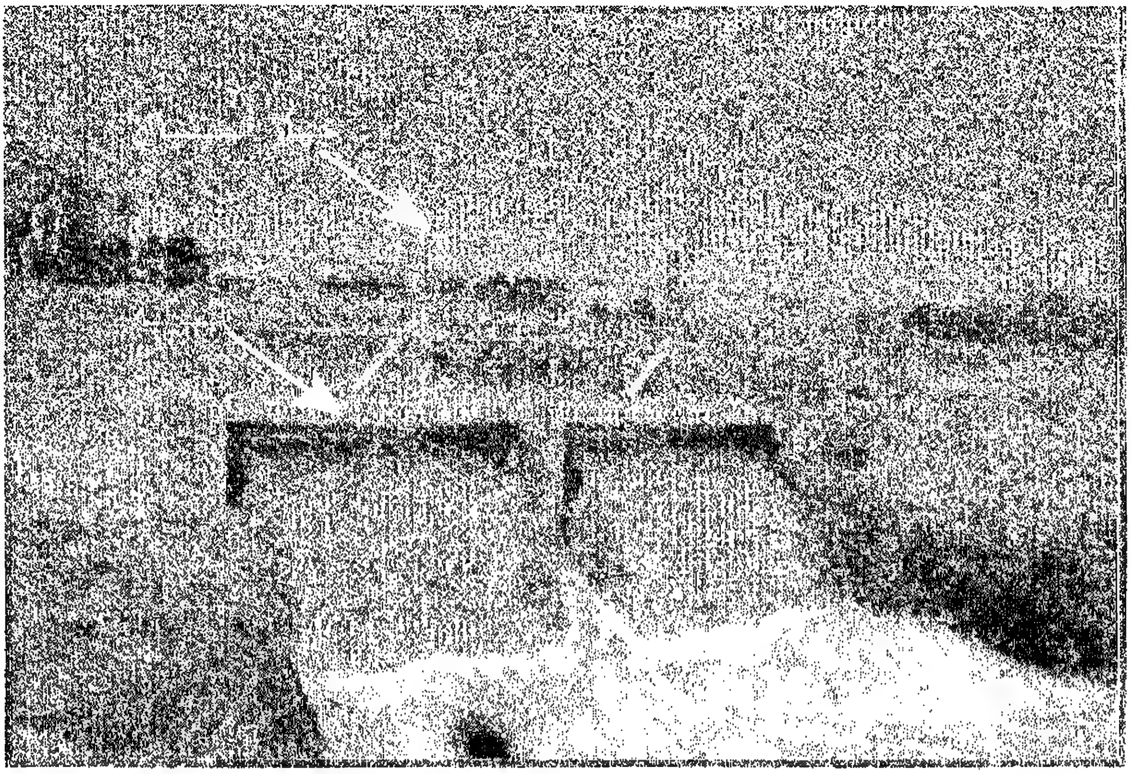
الشكل (4) رسم مقطع عرضي تخطيطي لمحابس المياه في المنحدرات

- محابس التحكم المقامة على السدود: وهي بوابات تعمل على توفير الأمان المطلوب لحماية السدود والتحكم في مستوى مياهها.

يمكن تصنيفها في ثلاثة أنواع، وهي: محابس المفيض ومحابس المآخذ ومحابس المجاري المضغوطة لتوليد الكهرباء.

تهدف محابس المفيض إلى إمرار كميات المياه الكبيرة التي تزيد على قدرة التخزين في بحيرة السد، والناتجة من الأمطار الغزيرة والفيضانات، فتعمل هذه المحابس جيداً على تفريغ الفيضانات المائية التي تتعرض لها السدود، وتحافظ على أمان السدود، إذ إن العديد من السدود قد دمّر كاملاً لعدم توافر مثل هذه المحابس ولاجتياح مياه الفيضان أعلى السد.

أما محابس المآخذ فيتم فتحها حسب الحاجة، لاستغلال المياه في الري (الشكل 5)[1].



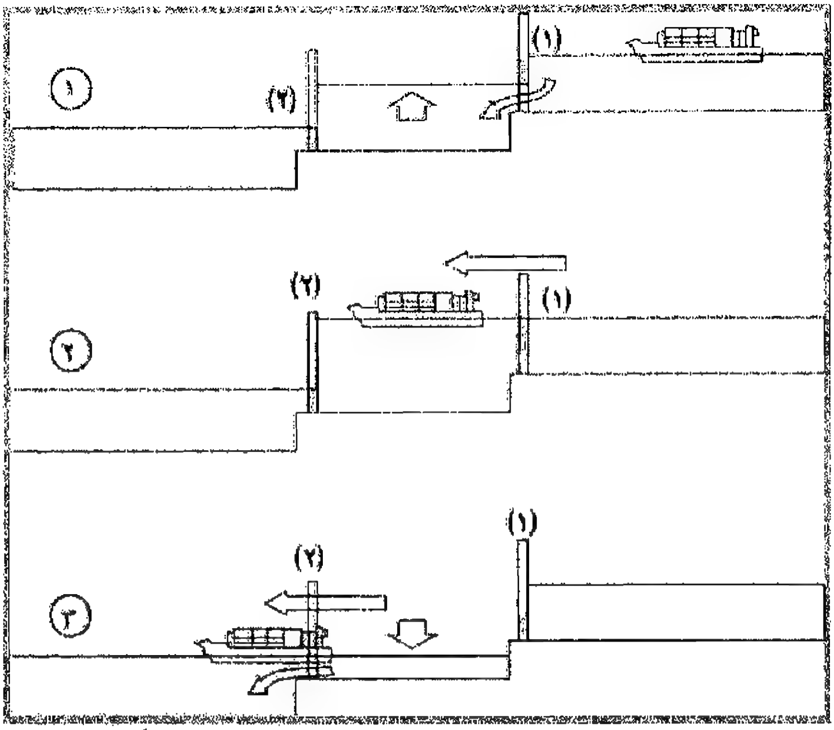
الشكل (5) بوابات أسمنتية لتنظيم عمليات الري

وتُنشأ المحابس المضغوطة في السدود المقاومة لتوليد الطاقة الكهربائية من مياهها، إذ إن محطة التوليد تحتوي على مجموعة من العنفات المرتبطة بمجموعةٍ من المنوبات، ويتم توجيه المياه من أعلى بحيرة التخزين نحو العنفات بوساطة مجارٍ مضغوطة تعمل على إدارة هذه العنفات وتوليد الطاقة الكهربائية.

- محابس الملاحة (بوابات الملاحة): تستخدم لتسهيل مرور المراكب طبيعياً في الممرات المائية عند وجود فرق في المنسوب المائي الذي يمكن أن يعوق حركة الملاحة، لذلك تنشأ المحابس المائية، لتعمل على رفع مستوى المياه وخفضه، مما يؤدي من ثم إلى رفع المراكب من المستوى المنخفض إلى المستوى الأعلى أو

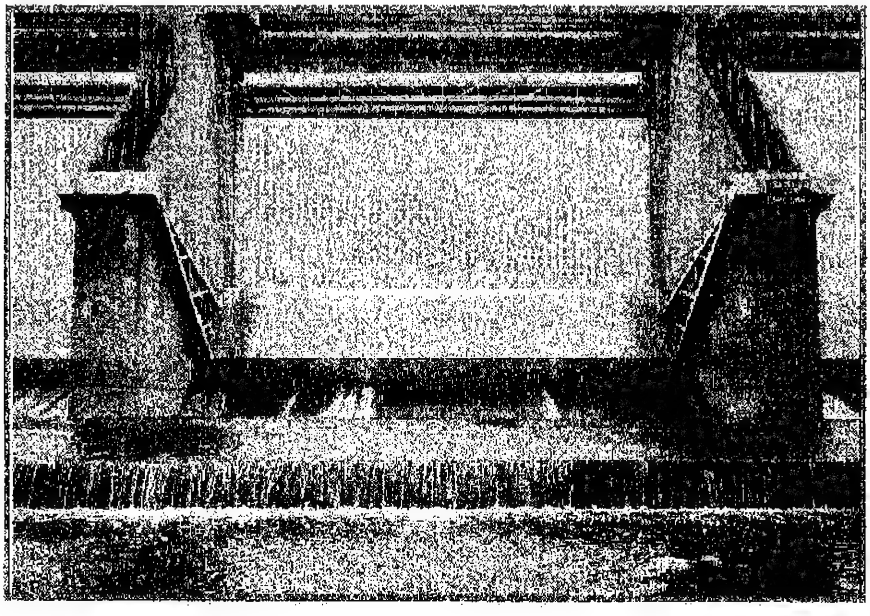
(1) انظر أيضاً: محمود عبد العزيز- إبراهيم خليل، الملاقات المائية ونظم الري (منشأة المعارف، الإسكندرية 1998).

بالعكس، مما يسهم في استمرار الملاحة المائية في هذه الممرات المائية الخاصة (الشكل 6).



الشكل (6) بوابات الملاحة (ترفع وتغلق كهربائياً)

(1) فتح البوابة (1) وملء المنطقة الوسطى لأجل رفع مستوى الماء فيها إلى مستوى المنطقة الأولى.(2) إغلاق البوابة.(3) فتح البوابة (2) لخفض منسوب المياه والوصول إلى مستوى المنطقة الثالثة.



الشكل (7) بوابة قطرية

- البوابة القطرية المائية: كانت المحابس المائية المستوية منها شائعة الاستخدام إلى وقت قريب، ثم استبدلت بها تدريجياً البوابات القطرية (الشكل 7) التي تحتاج إلى مجهود أقل في حركتها مقارنة مع البوابات المستوية، إذ تتكون البوابة القطرية من لوح حديدي منحنٍ ومدعم بدعامات حديدية أفقية ورأسية ومثبت على كل جانب من جوانب البوابة ذراع يدور حول محور مثبت بالحائط الجانبي، وينتقل ضغط الماء العمودي على سطح البوابة مباشرة إلى محور الدوار عبر ذراعي البوابة، ومن ثم لا يسبب ضغط الماء أي قوة احتكاك تقاوم حركة البوابة (كما هي الحال في البوابات المستوية)، وتقل القوة الضرورية لرفع البوابة عند الفتح، إضافةً إلى ذلك فإن البوابة القطرية ذات قدرة تصريفية أعلى من البوابة المستوية، وتشغل يدوياً أو آلياً من قرب أو من بعد[1].

المخطط الطبوغرافي: Topographic plan

المخطط الطبوغرافي topographic plan هو التمثيل الترسيمي وفق مقياس محدد لكل البيانات المكانية spatial informations الظاهرة على سطح الأرض مثل المعالم الطبيعية كالجبال والأودية والأنهار ومجاري السيول والبحيرات والآبار والغابات وسواها، إلى جانب المعالم الصنعية مثل الطرقات والسكك الحديدية والأبنية والمنشآت المنفردة والمجتمعة وخطوط الأنابيب ونقل الطاقة الكهربائية والسدود والجسور والموانئ والمطارات وغيرها مما يصنع الإنسان، مع بيان تسميات هذه المعالم[2].

إن أهم ما يميز المخطط الطبوغرافي من سواه من المخططات هو إظهار خطوط التسوية contour lines، وهي خطوط لا منتظمة تصل بين نقاط الأرض المختلفة ذات الارتفاع الواحد للتعبير عن تضاريس الأرض بارتفاعاتها وانخفاضاتها وميولها.

---

(1) الموسوعة العربية، رياض بلدية، المجلد السابع عشر، ص846، (بتصرف).

(2) RAYMOND E. DAVIS, FRANCIS S. FOOTE, JAMES M. ANDERSON & EDWARD M. MIKHAIL, Surveying, Theory and Practice (McGraw- Hill Book Company 1981).

اسم المصطلح	الرمز
عمود كهرباء	
عمود إنارة	
برج توتر	
محولة كهرباء	
أشجار	
حديقة	
بئر	
ريكار مياه حلوة	
ريكار مطري	
ريكار هاتف	
براكة هاتف	
علبة توزيع خطوط هاتف	
أكوام ترابية	
جدار	
جدار استنادي	
إشارة مرور	
إشارة طرقية	
لوحة إعلانات	
موقف باص	P
حاجز حديد	
سكة حديد	
لوحة إعلانات	
عمود هاتف	
منهل ماء	
نصب تذكاري	

الشكل (1) بعض الرموز والمصطلحات الدالة على معالم طبيعية وصنعية مختلفة

وينطبق التعريف نفسه على الخريطة الطبوغرافية topographic map أيضاً، والفارق بينهما أن المخطط الطبوغرافي يغطي مساحة محدودة من سطح الأرض كأن يكون المخطط الطبوغرافي لبلدة أو لمدينة، في حين تغطي الخريطة الطبوغرافية مساحات كبيرة واسعة تمتد أحياناً لتشمل المحافظات والولايات، وإن التحدي الأكبر الذي واجه علم صناعة الخرائط cartography تجلى دوماً في تمثيل سطح الأرض ثلاثي الأبعاد على حامل ورقي ثنائي الأبعاد.

أدوات الإنتاج وطرائقه:

لإنتاج مخطط أو خريطة طبوغرافية يتم اللجوء إلى استخدام أجهزة المسح الطبوغرافي المباشر ومعداته field surveying، أو إلى استخدام تجهيزات المسح الجوي وتقاناته aerial photogrammetry، أو إلى استخدام طرائق الاستشعار عن بعد remote sensing وذلك تبعاً لمساحة المنطقة المراد إعداد مخطط أو خريطة لها[1].

الغاية والهدف:

مما لاشك فيه أن إعداد المخطط أو الخريطة هو حاجة فطرية لدى أفراد الجنس البشري الراغبين في معرفة المكان الذي يعيشون فيه، والسيطرة عليه للاستفادة من خصائصه ومعطياته، فاستخدامات المخطط والخريطة الطبوغرافية يراوح بين البحث عن أمكنة مفضلة للرحلات وللراحة والاستجمام وبين إعداد الدراسات المختلفة لشتى أنواع المشروعات الهندسية مروراً بتحديد مناطق إدارة مواقع الثروات الطبيعية ومكامنها وحماية البيئة.

محتوى المخططات والخرائط:

لكي يكون المخطط والخريطة قادرين على تلبية كل المتطلبات لابد من التنفيذ وفق مقياس scale محدد هو تعبير عن نسبة تصغير الأرض الطبيعية وما عليها لتمثيلها على الورق، تراوح المقاييس المختلفة عادة بين 200 : 1 - 50000 : 1، ومن الطبيعي أن تكون مخططات المقياس الكبير الأول أكثر تفصيلاً ودقة من مخططات المقياس الصغير الثاني التي تظهر مساحات كبيرة على حساب دقة التفاصيل، ومن الطبيعي أيضاً ألا نتمكن دوماً من تمثيل تفاصيل الأرض الطبيعية والصنعية كلها عند استخدام المقاييس الصغيرة إلا بالتعبير عنها برموز symbols ومصطلحات دالة عليها، وإضافة إلى ما تقدم يتوجب أن يشتمل أي مخطط أو خريطة طبوغرافية على اتجاه الشمال، ودليل الرموز والمصطلحات، وتاريخ الإصدار، وكذلك المقياس الذي يمكن إظهاره عددياً أو ترسيمياً[2].

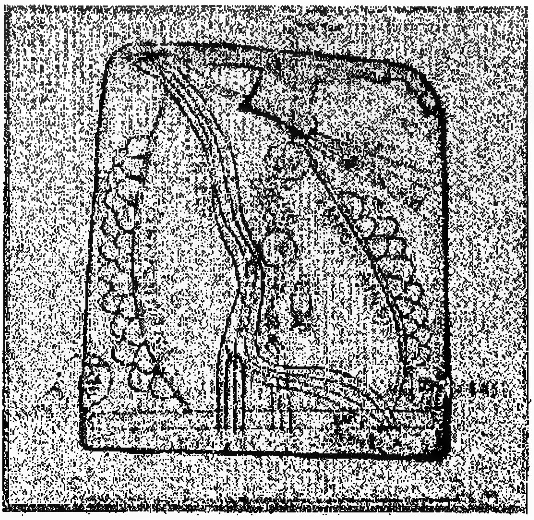
(1) أنظر أيضاً: عبد الرحيم بيومي، الخرائط الجيولوجية، الجزء الأول، الخرائط الطبوغرافية (المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، تونس 2000).

(2) أنظر أيضاً: معن حبيب، "نظم المعلومات الجغرافية"، نقابة المهندسين، مجلة هندسة المساحة، العدد 4 لعام 2004).

لمحة تاريخية:

يعتقد بعض الباحثين أن الرسم الجداري المكتشف في عام 1963 بالقرب من مدينة أنقرة التركية في موقع حضارة شطل هيوك Catal Hüyük التي ازدهرت في عام 6200ق.م هو أول مخطط يبين دور المدينة وشوارعها وبعض التفاصيل المحيطة بها، مثل موقع البركان القريب منها، لكن أغلب الباحثين متفقون على أن أول خريطة واضحة المعالم تعود إلى عام 2500ق.م، وهي لوح فخاري (رقيم) صغير بحجم الكف من صنع البابليين يبين موقع مملكتهم في المركز وتحيط بها الجبال والأنهار.

الشكل (2- أ) خريطة بابلية على لوح فخاري (2500ق.م)



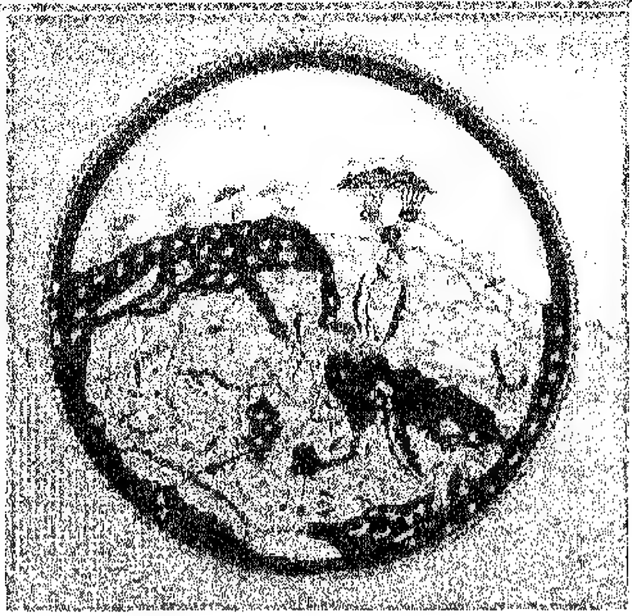
الشكل (2- ب) إعادة رسم الخريطة البابلية وتفسيرها

ومن قراءة النصوص البابلية يتبين أنهم عرفوا المساحة العقارية، وأنهم قاموا بتثبيت حدود الأراضي الزراعية وملكيات القصر الملكي والمعابد والملكيات الفردية، ومثلوا ذلك على ألواح فخارية، كما أنهم أول من قام بتمثيل العالم على شكل قرص تحيط به المياه من كل جانب، وللحضارة الفرعونية في مصر دورها أيضاً في وضع الخرائط التي استخدم في إعدادها القياس والحساب، كما تدل على ذلك بعض مخطوطات البردي العائدة إلى نحو 1300ق.م، وقد اهتم الفراعنة بتعيين حدود الأراضي الزراعية لبيان مساحاتها، ولتقدير عائداتها من الغلال، ثم بإعادة زرع هذه الحدود بعد فيضان النيل السنوي، كما أنهم أعدوا خرائط خاصة للمناجم التي نقبوا فيها عن المعادن.

كذلك قدم الإغريقيون من جهتهم خدمات جليلة لعلم صناعة الخرائط في الفترة الممتدة من عام 610ق.م إلى عام 140 بعد الميلاد، إذ يعود الفضل إليهم في اعتماد الأرصاد الفلكية لتعيين خطوط الطول والعرض الضرورية لتحديد مواقع الأمكنة على سطح الأرض، في حين تضاءل الاهتمام عند الرومان بالنواحي العملية للخرائط على الرغم من توسعاتهم العسكرية ومهاراتهم في شق الطرق وقنوات الري.

وفي الخرائط الصينية نشهد نقلة نوعية متميزة، إذ إنهم اعتمدوا الرياضيات في صنع خرائطهم بدوافع عسكرية بالدرجة الأولى، كما أنهم اعتمدوا في الرسم خطوطاً أفقية وشاقولية للتعبير عن الإحداثيات ولتحديد مواقع الأمكنة والمسافات الفاصلة بينها، إضافة إلى اهتمامهم بتمثيل تضاريس الأرض بطرق تصويرية، وفي القرن الثالث للميلاد وضع ليو هوي Liu Hui كتاباً يعطي فيه نظرة معمقة عن تاريخ المساحة وعن أنواع الخرائط في الصين.

إبان العصور الوسطى تراجعت كل العلوم في أوروبا المسيحية بسبب سيطرة رجال الدين على كل مناحي الحياة الفكرية، وكانت نظرتهم إلى العالم تتلخص بأنه قرص مستدير يقع الأوقيانوس المحيط عند حوافه وتقع مدينة القدس في مركزه تحيط بها قارات آسيا وإفريقيا وأوروبا التي تفصل بينها ثلاثة بحار هي الأحمر والمتوسط والأسود، وأما الجنة فتقع في قارة آسيا عند رأس هذا القرص.



الشكل (5) صورة الأرض كما رسمها الإدريسي (ق 12م)

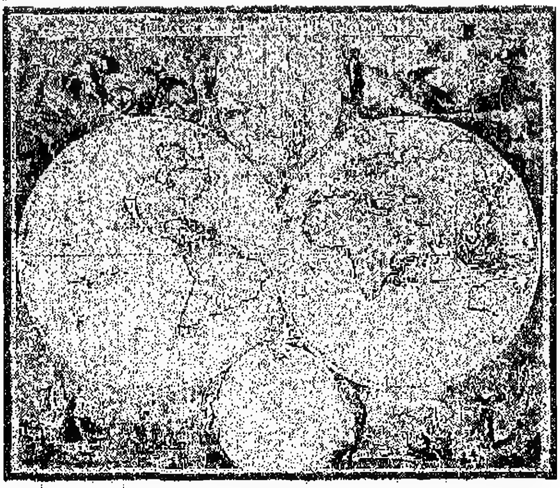
لكن الحضارة العربية الإسلامية أسهمت إسهاماً كبيراً وفعالاً في تفعيل كل العلوم وتطويرها ، ومن بينها تطوير الخرائط من النقطة التي وصل إليها الإغريقيون ، إذ إنها أعادت الاعتبار لعلوم الرصد والقياس المساحي والفلكي، فتطورت الرياضيات، وتطور معها علم المثلثات الكروية وعلم الإسقاط map projection لتحسين تمثيل العالم ثلاثي الأبعاد على مخططات ورقية ثنائية البعد ، وتوالت الإنجازات على أيدي علماء بارزين أمثال أبناء موسى والخوارزمي والإصطخري والمسعودي وابن حوقل والبيروني والإدريسي الذي يعد بحق من أشهر واضعي الخرائط العرب إذ اشتمل كتابه "نزهة المشتاق في اختراق الآفاق" على سبعين خريطة إلى جانب معلومات جغرافية وافرة.

وفي عهد الخليفة المأمون قام أبناء موسى بتنفيذ قياس مساحي، كان الهدف منه تحديد طول القوس على سطح الكرة الأرضية المقابل لزاوية مركزية مقدارها درجة واحدة، ويعرف باسم "قياس الدرجة" ، وهو قياس مساحي فلكي لا غنى عنه لمعرفة قياس محيط الأرض، وهو القياس عينه الذي كررته أوروبا بعد مضي أكثر من ثمانمائة عام على القياس العربي، الذي كان أول تجربة ضخمة في العالم تقوم بها دولة من أجل البحث عن حقيقة علمية صرفة، أما ابن حوقل فقد

اهتم بمتابعة وإكمال العمل الجغرافي الرائد الذي بدأه الإصطخري في كتابه "المسالك والممالك" مصححاً فيه الكتب الجغرافية القديمة.

كذلك تذكر كتب التاريخ أن العلامة أبا الريحان محمد بن أحمد البيروني وضع كتاباً في علم الإسقاط في عام 385هـ/995م ناقش فيه مسائل إسقاط الكرة وتمثيلها على المستوي؛ وفي عام 391هـ/1000م وضع كتاباً في علم المثلثات الكروية واستنبط طرائق لقياس المسافات على سطح الأرض باستخدام التثليث triangulation وأعطى قيمة لنصف قطر الكرة الأرضية تساوي 6339.6 كيلومتر، وهي القيمة ذاتها التي وصلت إليها أوروبا لاحقاً في القرن السادس عشر، وفي كتابه المعروف باسم "القانون المسعودي" - نسبة إلى السلطان مسعود بن محمود الغزنوي- قدم هذا العالم الجليل جداول تضمنت إحداثيات أكثر من 600 موقع قام بنفسه بتحديد القسم الأعظم منها.

ولقد استمرت العلوم الطبوغرافية العربية بالتطور والازدهار حتى بدايات القرن السادس عشر الميلادي، ففي كتاب "تحفة الفحول في تمهيد الأصول" وكتاب "الشرح" الخاص به قدم سليمان المهري خدمات كبيرة لتطوير الجغرافيا الرياضياتية من خلال استخدامه الأرصاد الفلكية في تعيين الفروق في خطوط العرض بين موقعين متباينين، كما أنه وضع أسساً للكشف عن الأخطاء الناتجة من الأرصاد الضعيفة، وأسساً أخرى لمعالجة الأخطاء الناتجة من تدوير نتائج الحسابات.

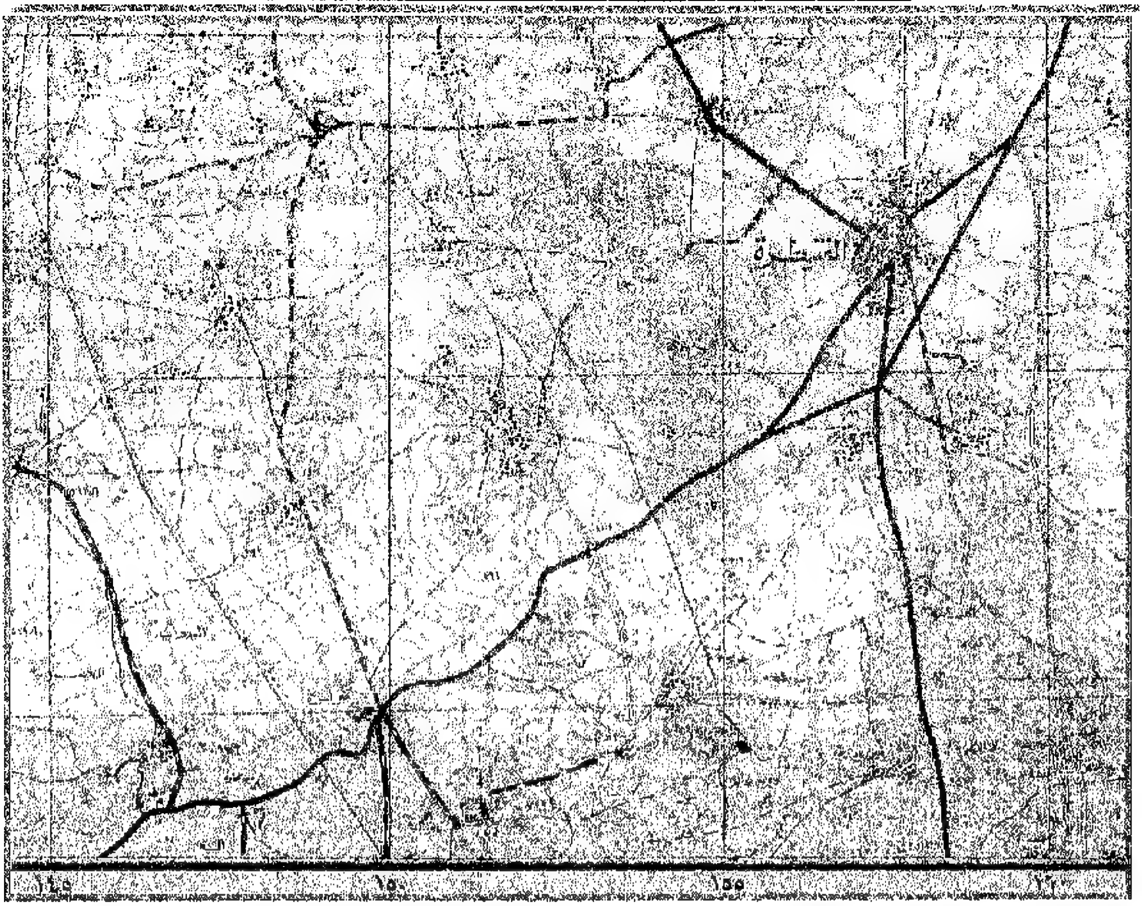


الشكل (4) نظرة أوروبا إلى صورة العالم في عصر النهضة

وفي عصر النهضة ساهمت الرحلات الاستكشافية الأوروبية البرية والبحرية، وتوسع النشاطات التجارية، واختراع الطباعة في توسيع دائرة استخدام الخرائط الطبوغرافية وفي كشف عيوبها ونواقصها، وتلاحقت التطورات متسارعة منذ مطلع القرن السادس عشر محدثة ثورة علمية ما زالت مستمرة إلى اليوم في كل مجالات النشاط البشري، فعلى الصعيد الجغرافي الطبوغرافي انتقل الإنسان من تمثيل سطح الأرض إلى وضع خرائط طبوغرافية لقيعان البحار والمحيطات ليعرف مواقع جبالها ووهادها، ولتحديد خطوط المواقع التي تندفع فيها الحمم من باطن الأرض دافعة القارات للابتعاد بعضها عن بعض(1).

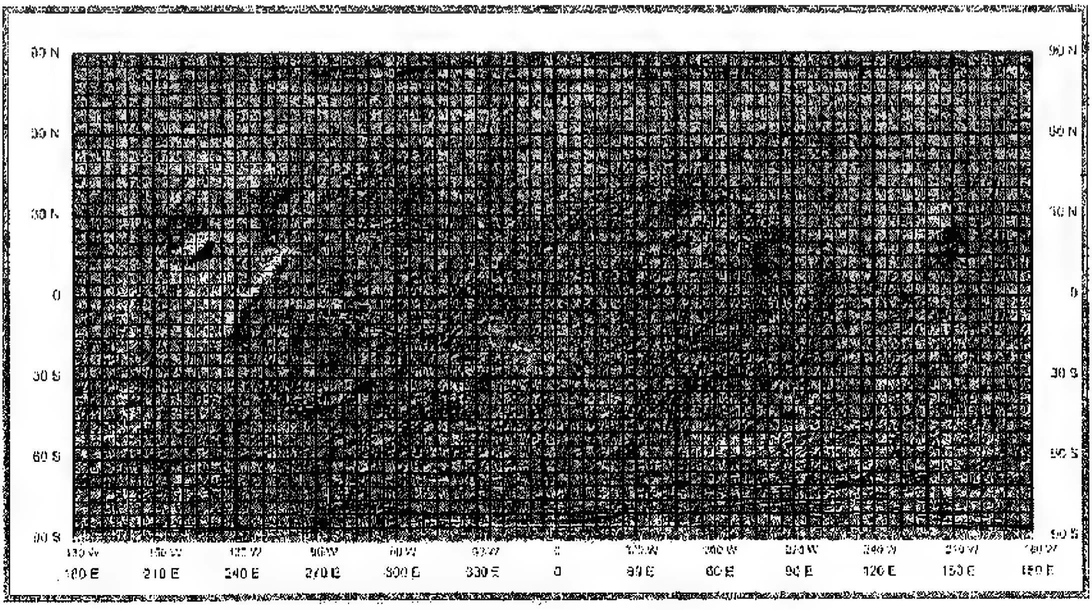
مما لاشك فيه أن تطور صناعة البصريات optics والإلكترونيات وتقانات الحسابات الرياضياتية باستخدام الحواسيب، وكذلك تطبيقات السواتل الفضائية في منظومات تحديد المواقع العالمية GPS(global positioning systems) دفع بالأعمال المساحية قدماً نحو زيادة دقة أرصاد البيانات المكانية الثلاثية الأبعاد وتحسين تمثيلها على السطوح المستوية من جهة، وفي اختزال المدد الزمنية اللازمة لمعالجة نتائج الأرصاد والقياسات وتحويلها إلى مخطط طبوغرافي رقمي digital topography من جهة ثانية، ومن ناحية أخرى فإن تطور العلوم المتصلة بأبحاث الفضاء وسع آفاق الإنسان ومكّنه من وضع خرائط عامة ومخططات طبوغرافية تفصيلية دقيقة للقمر مما سهل عمليات اختيار وتحديد مناطق الهبوط الآمن للرواد الأوائل ولمركبات عربات البحث والتقصي العلمي على سطحه كخطوة أولى، ثم على سطوح بعض كواكب المنظومة الشمسية في خطوات لاحقة.

(1) انظر أيضاً: معن حبيب، تاريخ الخرائط (نقابة المهندسين، مجلة هندسة المساحة، العدد 4 لعام 2004).



الشكل (5) جزء من خريطة طبوغرافية حديثة من قياس 1:25000

التطورات الحالية:



الشكل (6- أ) صورة ظليلة للتضاريس الطبوغرافية لجزء من سطح المريخ.

الشكل (6- ب) إحدى الصور الرقمية المستخدمة في صناعة خريطة المريخ

أصبح عمر المخطط الطبوغرافي اليوم زهاء أربعة آلاف عام شاركت فيها شعوب وأمم مختلفة في تحسينه وتطويره، وبالرجوع إلى المصادر المساحية المتخصصة الصادرة بين عامي 1650- 1990 نجد أكثر من 300 تعريف مختلف للمخطط والخريطة، وهذا يظهر بذاته النظرة المتطورة إلى الموضوع نفسه وفق التطورات العلمية الحاصلة في القرون الثلاثة الماضية، وقبل أكثر من عقد من الزمان بدأت ملامح منحى معلوماتي جديد تلوح في الأفق تهدف إلى إغناء بيانات المخطط الطبوغرافي وتعزيزها ببيانات وصفية descriptive informations، فظهرت منظومات المعلومات الجغرافية (GIS)geographic information systems القادرة على جمع المخططات والخرائط الطبوغرافية الرقمية الحديثة والقديمة المرقمنة، وكذلك المخططات العقارية والتنظيمية المحولة إلى الصيغة الرقمية باستخدام المرقمنة digitizer أو الماسح الضوئي scanner، جنباً إلى جنب مع بيانات أخرى وصفية مثل أعداد السكان وتوزع نشاطاتهم وفعالياتهم وأرقام العقارات وأسماء مالكيها ونتائج إحصائيات زراعية واقتصادية مختلفة، ثم فرز هذه البيانات

ووضعها على طبقات متعددة مع تحقيق ربط بعضها ببعض عن طريق منظومة قاعدة بيانات database، تهدف كل هذه الإجراءات إلى تخفيض زمن إنتاج الخريطة وتحسين دقتها، وإلى تخفيض العمالة والتكلفة وهدر الوقت، وإلى تأمين سرعة تخزين البيانات وسهولتها ومعالجتها واسترجاعها مع التحليلات لدعم اتخاذ القرار الصائب في مسائل محددة[1].

المدخنة: Chimney stack

المدخنة Stack، هي قناة شاقولية يسمح مقطعها وارتفاعها بتوصيل جميع الدخان والغازات بالغزارة الكافية إلى الجو على نحو طبيعي أو بمساعدة أجهزة دفع لإطلاقها بالكمية الكافية لتشغيل الأفران والآلات الأخرى وتجديد الهواء اللازم لهذا التشغيل، تبنى المداخن الصناعية أسطوانية الشكل تقريباً بصورة عامة، في حين تبنى مداخن الأبنية بشكل مستطيل أو مربع على الأغلب.

حركة الدخان ونواتج الاحتراق:

تقوم الغازات بتوصيل الحرارة المنبعثة من الاحتراق إلى أماكن استخدامها في الصناعة، وبعد ذلك تصبح هذه الغازات نواتج عديمة الفائدة ينبغي التخلص منها، وإن تركيبها أو وجود بعض العوالق فيها يحتمان ضرورة اختيار المنطقة الملائمة لإطلاقها حيث لا تؤذي الجوار، ويلزم أحياناً معالجتها وتنقيتها قبل التخلص منها، فيجب إذن:

- تسيير الغازات ضمن المُبادل الحراري للاستفادة من حرارتها.
- إرسالها بعد ذلك إلى مكان التفريغ من دون أن يحدث أي تسرب أو تراجع.
- استخراج المواد العالقة بها قبل إطلاقها إذا اقتضت الحال.
- الاحتراق الكامل: هو احتراق وقود يحوي الفحم والهيدروجين وبعض الأوكسجين والآزوت أحياناً، وينتج من ذلك ثاني أكسيد الكربون CO_2

(1) الموسوعة العربية، أحمد بسام حاتم، المجلد الثامن عشر، ص173، (بتصرف).

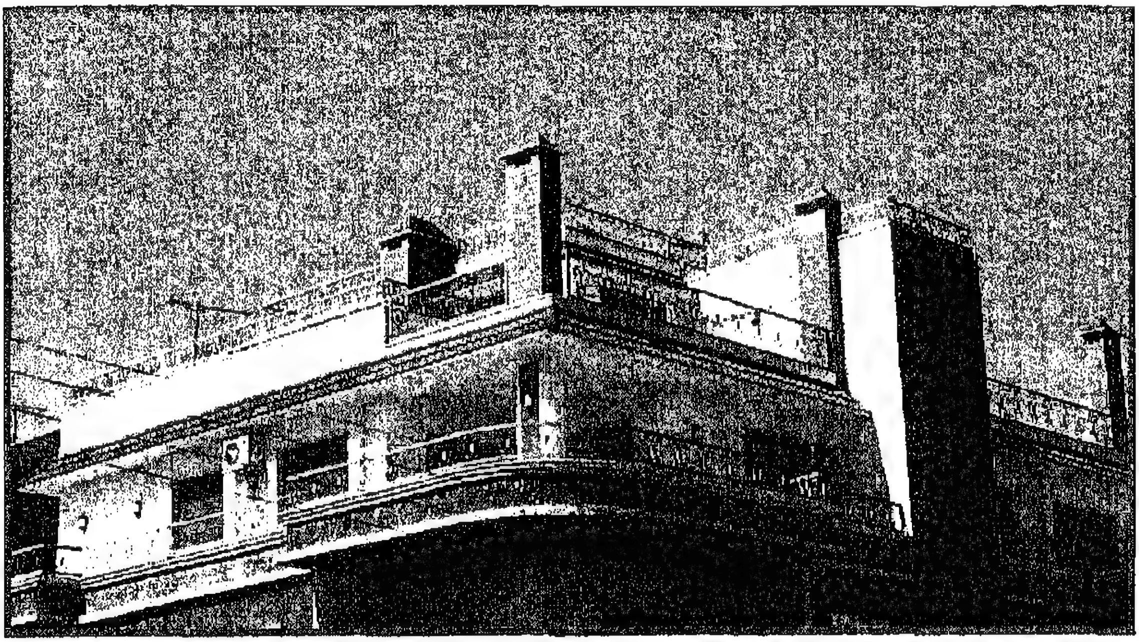
وبخار الماء والآزوت والأوكسجين الزائد، يكون غاز الكربون مؤذياً إذا ارتفعت نسبة تركيزه في مكان سيئ التهوية، أما إذا كانت المواد المحترقة تحتوي على الكبريت فسينتج من الاحتراق غاز بلا ماء حمض الكبريت SO_2 ذو الخواص المخرشة المؤذية عند انحلاله بالماء.

- الاحتراق غير الكامل: وفيه يتحول الوقود إلى غاز أول أكسيد الكربون CO السام والشديد الخطورة، وتتضمن الغازات المنطلقة في هذه الحال حموض الكربون التي يتكاثف بعضها كقطيرات زفتية الشكل على ذرات الكربون، مما يعطي الشكل المعروف للدخان، وتترسب على جدران المداخن على شكل "سخام"، ويمكن أن تُطرد خارجاً بفعل الغازات المندفعة، يمكن لغازات الاحتراق الناتجة من وقود مشتقات النفط أن تتكاثف كقطيرات حمضية (رذاذ) عند مرورها في المناطق الأكثر برودة إذا لم يكن احتراقها كاملاً، فإذا اختلطت هذه القطيرات مع الذرات التي لم تشتعل من الوقود النفطي، أعطت ما يشبه الدخان الناتج من الفحم الذي لم يحترق جيداً في أثناء التصنيع وهو مؤذٍ ومسبب للتلوث، إن أنواع الوقود التي تترك رماداً بعد الاحتراق تنتج غازات محملة بالغبار، كما أن استعمال مختلف أنواع الفحم وقوداً ينتج غازات بخار الماء فيها قليل، بينما يعطي الوقود الغازي الهيدروجيني غازات رطبة (وهذا ضروري من أجل تسهيل مرورها في المناطق المنخفضة من المسار)، يتبين مما سبق أن الغازات التي يجب التخلص منها عبر المدخنة هي:
  - غازات صافية.
  - أدخنة صافية، أحياناً مؤذية ومخرشة مع احتمال وجود دخان العرّاط.
  - أدخنة محملة بجزيئات سوداء بمقادير مختلفة.
  - أدخنة بخارية.

ارتفاع المدخنة:

ينتشر الدخان بصورة أفضل كلما كان منسوب إطلاقه أعلى في الجو،

ويتبع هذا المنسوب لارتفاع المدخنة ولسرعة اندفاع الدخان الصاعد فيها، والذي يستمر صاعداً بسبب حرارته ضمن طبقات الجو الأكثف نسبياً، ثم يميل إلى الشكل الأفقي تبعاً لاتجاه الريح مع استمرار انتشاره وتوزعه إلى أن تنخفض حرارة مكوناته إلى حرارة الجو المحيط فتبدأ بالهبوط إلى الأرض ليتوضع على مسافات متناسبة مع مربع ارتفاع المدخنة، وبسماكات متناسبة عكساً مع هذا المربع، وفي المجمعات السكنية حيث الأبنية على ارتفاع واحد تقريباً، لا تُلاحظ الغازات الناتجة من الاحتراق الكامل، لأنها تتلاشى بسرعة مادامت فوهات المداخن أعلى قليلاً من السطوح والشرفات العليا.



مداخن في بناء سكني

إن التعليمات الرسمية المتعلقة بمداخن الأبنية في أغلب دول العالم تمثّل المتطلبات التي تضمن عدم إلحاق الأذى بالجوار في حالة الاحتراق غير الكامل، حيث تنتشر أدخنة سامة وذات روائح كريهة وتسبب ترسب أوساخ مخرشة، فمن الضروري اختيار مواد الوقود بعناية والاهتمام بحرقها حسب الأصول، والتخلص من النتائج المؤذية.

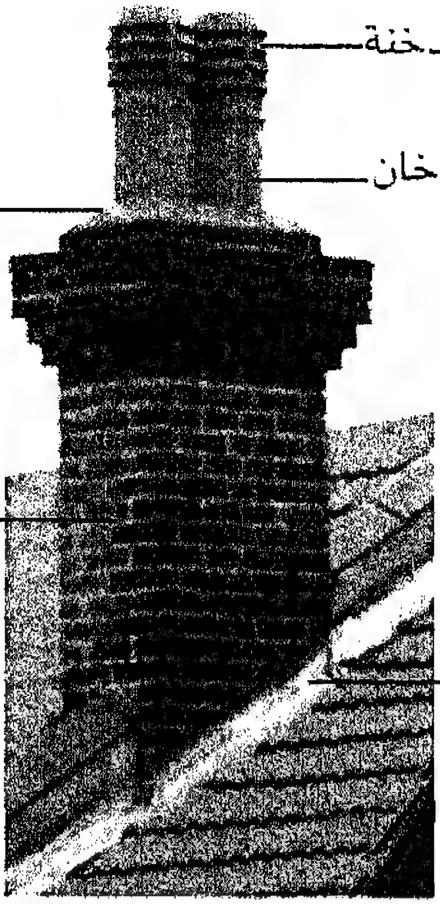
في المراجل الضخمة، يستعمل عادة وقود رخيص الثمن كالفحم الناعم، لذا يجب اختيار مواقع المدخنة بدقة، وزيادة ارتفاعها لكي يتم توزع

الغبار المرافق لذرات الفحم على مساحة أكبر خارج المناطق المأهولة قدر الإمكان، ولكن هذا لا يفيد إلا في تخفيف حدة التلوث الذي من الأفضل الحد منه بإزالة الغبار من الدخان قبل إطلاقه في الجو، الأمر الذي يعد سهلاً بالقياس لضخامة هذه المراجل.

- الطريقة الطبيعية لعمل المدخنة:

يطلق اسم المدخنة عادة على القسم الشاقولي من مسار غازات الاحتراق، تمييزاً من الدارة التي تسلكها هذه الغازات من مكان الاحتراق إلى المدخنة مروراً بجميع الموصلات اللازمة لذلك، فلإمرار خليط الهواء والغازات في الدارة ما قبل المدخنة، ولجعل هذا الخليط يتحرك ضمن المسار المحدد له، يلزم أن يكون ضغط الهواء عند المدخل أكبر منه عند المخرج، ومبدئياً، يكون ضغط الهواء عند المدخل مساوياً لضغط الجو الطبيعي، ومن الضروري إحداث ضغط أقل عند قاعدة المدخنة لكي تبدأ عملية سحب الهواء عبر مكان الاحتراق، الأمر الذي يعد من خصائص كل مدخنة، ويتناسب سحب الهواء طرداً مع جداء مربّع ارتفاع المدخنة وفرق الكثافة بين الجو الخارجي وبين الغازات الساخنة، إلا أن السَحْب يتناقص بسبب الاحتكاك بجدران المدخنة مما يخفف سرعة انطلاق الغازات عند الفوهة العليا، فمن أجل مقطع مفروض وغزارة محددة يبقى الارتفاع هو العامل الذي يجب أخذه بالحسبان للحصول على السحب المطلوب، ويمكن التحكم بعملية الاحتراق بالتحكم بكمية الهواء الداخل إلى مكان الاحتراق.

في المداخن ذات الارتفاع البسيط يتأثر السحب بتيارات الهواء عند فوهة المدخنة، وعادة يجري تحسين خروج الغازات بوضع أغطية توجه ذاتياً مع اتجاه الرياح، أو بوسائل أخرى تختلف من منطقة لأخرى.



- **الطريقة القسرية لعمل المدخنة:**

لابد من دفع الهواء أو سحبه أو كليهما عندما لا يكون بالإمكان تنفيذ مداخن عالية أو واسعة (مداخن القطارات مثلاً)، وقد يوضع مكان الاحتراق كله تحت الضغط، الأمر الذي يوجب استعمال سماكات أكبر لجدرانه مما يفيد في زيادة العازلية.

المتطلبات التي تحدد ارتفاع المدخنة ومقطعها:

يتبع تحديد قياسات المدخنة إلى مجموعة من المعطيات والفرضيات، فارتفاعها الأصغري تابع إلى السحب الضروري لإتمام الاحتراق الكامل وإجراء التبادل الحراري، وفي الوقت نفسه يجب أن يكون كافياً حيث لا تزعج الغازات

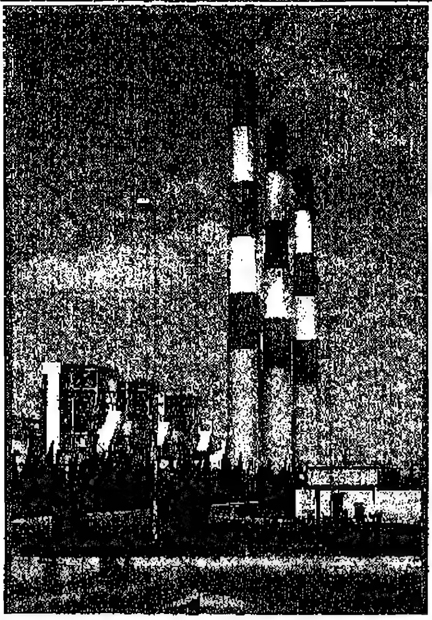
والأدخنة المنطلقة أياً من الجيران، ويخضع ارتفاع مداخن الأبنية في المدن إلى تعليمات تختلف من بلد إلى آخر.

في المنشآت الصناعية (معامل، محطات توليد الكهرباء، المراكز الحرارية العامة، كسارات الحصويات للخرسانة ومواد البناء) تتجه الدراسات إلى بناء مداخن عالية لتحقيق توزع واسع للغازات والجزيئات الأخرى، الأمر الذي يمكن زيادته بزيادة سرعة اندفاع الغازات من فوهات المداخن، وقد أصبح من الممكن إطلاق غازات بسرعة 30 م/ثانية عند الغزارة العظمى.

- المداخن العالية: في عام 1950 بدئ ببناء مداخن ارتفاعها عالٍ باستعمال الخرسانة المسلحة عوضاً عن البناء بالحجر أو الآجر (القرميد)، مع أن الآجر كان يستعمل لمقاومة الآثار المؤذية للأدخنة الحمضية ولصموده ضد سخونتها، ولكن بعد بلوغ هذا الارتفاع 70 متراً أو أكثر، أصبح من الضروري العمل على زيادة سماكة الجدران لتخفيض الإجهادات stresses فيها ولمقاومة دفع الرياح، وهذا يتطلب أساسات أكبر، إلى جانب ازدياد تكاليف الإنشاء.

وفي المراكز الحرارية الحديثة حيث كميات الغازات والأبخرة المتصاعدة كبيرة إلى حد تتطلب معه رفعها إلى ارتفاعات عالية، كان الحل الأمثل هو الاتجاه إلى الخرسانة المسلحة التي أصبح تنفيذها أسهل وذلك للتقدم الكبير في كيفية تنفيذها وفي القوالب اللازمة لهذا التنفيذ، حتى صار بالإمكان تنفيذ مداخن ارتفاعها 200م سواء كانت أسطوانية أم بشكل جذع مخروط مولداته الداخلية والخارجية مائلة نحو محوره بمقدار 2٪ تقريباً أو أكثر في الأقسام السفلى أحياناً[1].

(1) DICK KREH, Building with Masonry: Brick, Block, and Concrete (Taunton 2002).



مداخن عالية

يُصمم أساس المدخنة سواء كان دائرياً أم مضلعاً على شكل كتلة ضخمة لتمنع انقلابها بفعل الرياح أو الزلازل، كما أن سماكة جدرانها ترتبط بالمنطقة الزلزالية وسرعة الرياح التصميمية المفروضة على منشآت المنطقة التي تقع فيها، إضافة إلى ذلك ترتبط هذه السماكة بارتفاع المدخنة ومقطعها الأفقي ومقاومة الخرسانة المستعملة في بنائها، فمثلاً في مداخن محطة الزارة (غربي الرستن) لتوليد الكهرباء، يبلغ ارتفاع المدخنة 150 متراً وقطرها من الداخل 12.80م في الأسفل و6.00م عند الفوهة العليا، وتنخفض سماكة جدرانها من 67سم في الأسفل إلى 30سم عند الفوهة، والمقاومة التصميمية للخرسانة 280كغم/سم^2، أما الأساس فقطره 25.00 متراً وعمقه التصميمي 4.50م، وقد تم إنجاز أعمال الخرسانة المسلحة للمدخنة باستعمال قالب منزلق.

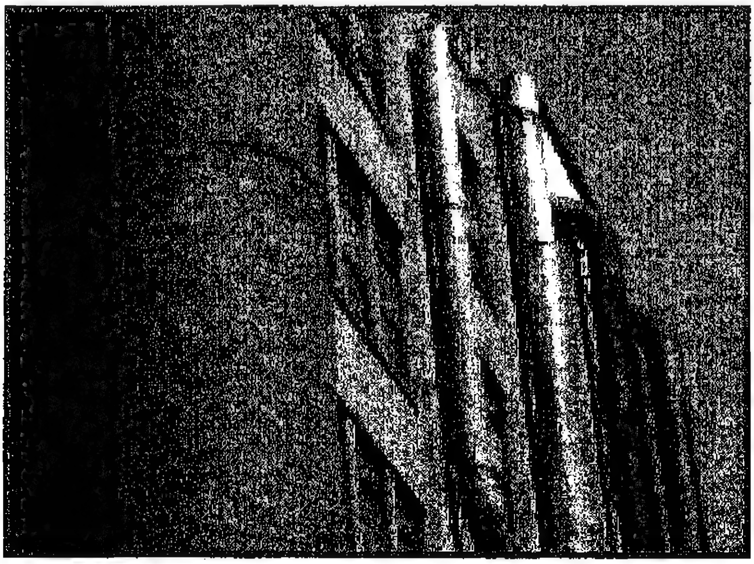
تبطن المداخن الخرسانية بجدار دائري من الآجر الحراري، سماكته نحو 11سم يوازي الجدار المصبوب سابقاً ويبعد عنه بمسافة تراوح بين 10سم و20سم حسب التصميم المعتمد للصيانة، يبنى هذا الجدار على شكل أجزاء حلقية محمولة على جوائز beams خرسانية محمولة بدورها على أظفار cantilever مثبتة إلى الجدران الخرسانية للمدخنة، ويكون الآجر المستعمل من النوع الذي يتحمل درجات

الحرارة العالية التي تبلغ 140°م وقد تصل إلى 200°م، ويقاوم ذرات حمض الكبريت المتطايرة مع الدخان.

تطور نوع الملاط المستخدم لتثبيت قطع الآجر من طين مشابه للطين الذي صنع منه الآجر يتصلب لدى تعرضه لغازات الاحتراق، ثم إلى رمل سيليسي مجبول بإسمنت يتحمل درجات الحرارة العالية ويقاوم حمض الكبريت وأملاحه، ثم بدئ بإضافة المواد الملدِّنة والمواد المانعة لتجمع الفقاعات، كما جرى إدخال بعض المعادن كالرصاص والحديد المغلفن لتثبيت نهايات قطع الجدار وحماية الملاط في المناطق الحرجة[1].

تطلى المداخن، ككل المنشآت العالية، بألوان تميزها عن كل ما يجاورها (غالباً بالأحمر) تلافياً لاصطدام الطائرات بها، كما يوضع في أعلاها مصباح كهربائي يعطي ضوءاً متقطعاً ليلاً، وتزود بسلالم معدنية خارجية أو داخلية (بين الجوائز الحلقية) أو بكليهما.

- المداخن المعدنية: في المنشآت الصناعية التي لا حاجة لنزع المواد الصلبة من نواتج احتراقها.



مدخنة معدنية مضافة إلى بناء

(1) JOSEPH D. FALCONE, How to Design & Build Energy-Efficient Fireplaces & Chimneys (Tab Books 1981).

تبنى المداخن من صفائح معدنية تُحمى من الداخل بطبقة سمكها 3 إلى 4سم من مونة الإسمنت الألمنيومي والإسمنت البركاني، وذلك لمقاومة اهتراء المعدن من جراء تعرضه للأدخنة الحمضية، تثبت هذه الطبقة على شبك معدني ملحوم إلى الجدار المعدني للمدخنة[1].

المدوار: Gyroscope

المدوار أو الجيروسكوب gyroscope آلة أو جهاز يستخدم الأجسام الدوارة خاصة في توجيه وقيادة الطائرات والمركبات الفضائية والصواريخ والسفن والغواصات وغيرها، كما يستخدم في جميع الأجهزة المطلوب استقرارها أو التحكم في مسارها تحكماً مباشراً أو عن بعد، وخاصة مدفعية السفن والمدرعات والقذائف الموجهة والصواريخ والطائرات وغيرها، حيث يقوم بقياس انحراف الجسم عن وضع مرجعي، ومعدل ذلك الانحراف، مما يسمح بإصدار أوامر تصحيحية إلى أجهزة التوجيه والقيادة تعيد الجسم إلى وضعه المطلوب.

لمحة تاريخية:

المدوار والخذروف والدوامة spinning آلة معروفة يلهو بها الصبي فيدورها بخيط في يده ويسمع لها دوي، وقد اقتبس المدوار منها.

وكانت أول دراسة لأداء المدوار قام بها العالم البريطاني سيرسون Serson عام 1740، وذلك بعد ملاحظة أن محور المدوار يبقى ثابتاً على الرغم من تغير وضع السطح الحامل له، وفي القرن التاسع عشر قام العالم الفرنسي فلورييه Fleuriais بتطوير مدوار يبقى محافظاً على عدد دوراته بنوافث هوائية مثبتة على محيطه، كما قام العالم الألماني بونبرغر Bohnenberger بتطوير مدوار يعتمد على كرة ثقيلة بدلاً من الدولاب، وفي أواسط القرن التاسع عشر صنع العالم فوكو Foucault مدواراً يتألف من دولاب يدور بعدد دوران كبير ويستند إلى مضاجع حرة

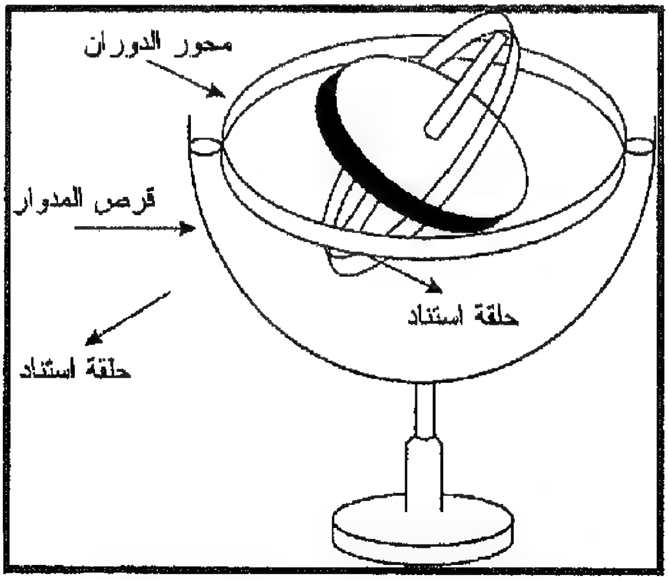
(1) الموسوعة العربية، خلدون عودة، المجلد الثامن عشر، ص212، (بتصرف).

الحركة وذلك بهدف قياس دوران الأرض، وسمي هذا الجهاز جايروسكوب gyroscope انطلاقاً من الكلمة اليونانية gyros (دوران)، وبعد 50 سنة من ذلك التاريخ تقريباً قام المهندس النمساوي أوبري Obry بتقديم براءة اختراع لتوجيه طوربيد بحري يعتمد على مدوار عطالي، وفي أوائل القرن العشرين قام العالم سبيري Sperry بتطوير أول نظام قيادة آلي للطائرات باستخدام المدوار كما تم استخدامه في السفن لتخفيف حركة الاهتزاز الطولية، أما اليوم فلا توجد طائرة أو سفينة أو زورق أو صاروخ أو مركبة مدرعة تخلو من منظومة توجيه تعتمد على المدوار.

وهناك حالياً أبحاث في مجال تطوير تقانات جديدة للمدوار بهدف خفض الوزن والتكلفة وزيادة الدقة، وعلى رأس هذه التوجهات المدوار الليزري والمدوار البصري، وهناك بحوث لتطوير مدوار ميكانيكي صغري micromechanical gyro من الكوارتز أو السيليكون.

أنواع المدوارات:

هناك ثلاثة أنواع رئيسية من المدوارات:



الشكل (1) مدوار ثلاثي المستويات (الحرية)

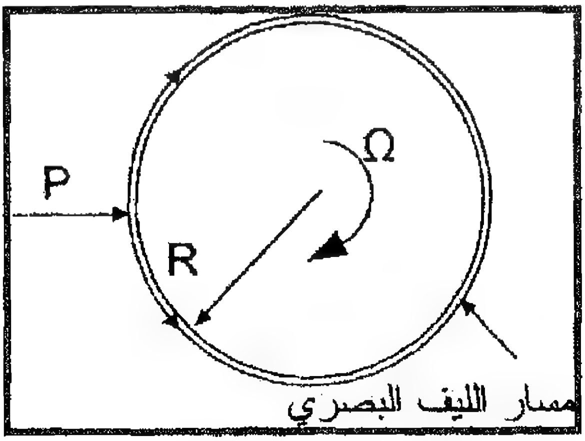
- المدوار العطالي inertial gyroscope: يستخدم في المدوار الميكانيكي التقليدي، قرص دوار يدور بسرعة زاويّة كبيرة (عشرات آلاف الدورات في

الدقيقة) ومتمفصل على نقطتي استناد (مدوار وحيد الحرية) أو على أربع نقاط استناد في مستويين (مدوار ثنائي الحرية) أو على ست نقاط استناد في ثلاثة مستويات (مدوار ثلاثي الحرية) gimbaled gyroscope (الشكل 1).

إن عدد الدورات الكبير الذي يدور به القرص الدوار، ونقاط الاستناد العديمة الاحتكاك تقريباً تبقي محور القرص الدوار في الوضع نفسه (الأثر المدواري) مهما تغير وضع الجسم الحامل له كالطائرة أو الصاروخ أو السفينة.

وإذا ما تم تركيب ثلاثة مدوارات على المحاور الثلاثة الرئيسية للجسم الحامل X،Y،Z أمكن قياس انحراف هذا الجسم ومعدله في كل لحظة من اللحظات في الاتجاهات الثلاثة مما يمكن من التحكم بالجسم تحكماً كاملاً.

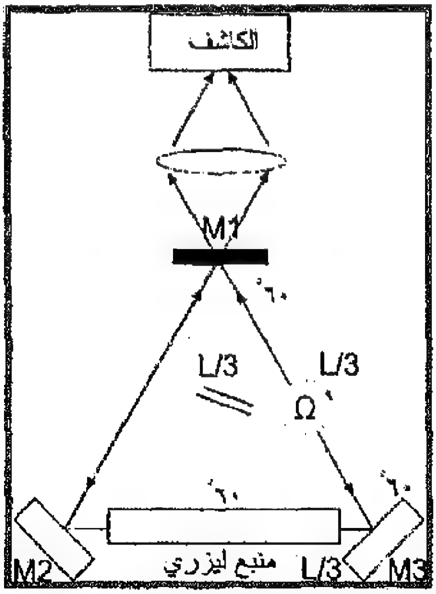
ومع أن المدوارات الميكانيكية الحديثة مصممة وفق تقانات متقدمة جداً بهدف خفض احتكاك محور الجسم الدوار فإنه لا يمكن حذف عامل الاحتكاك نهائياً، وهذا ما يؤدي إلى خفض تدريجي في عدد دورات المدوار مما يولد خطأ في قياس انحراف الجسم ومعدله gyroscope drift يتزايد مع زمن العمل، وهو ما يعرف باستقرار الجيروسكوب gyroscope stability، علماً أن هناك العديد من الطرائق التي تهدف إلى خفض هذا الاحتكاك سواء عن طريق حمل المحور على وسائد هوائية أم مغنطيسية أم اهتزازية[1].



الشكل (2) مدوار الألياف البصرية

(1) H.CRABTREE and M.SCHULER, The Anschutz Gyro-Compass and Gyroscope Engineering (Wexford College Press, 2003).

- مدوار الألياف البصرية fibre- optic gyroscope (FOG): يعتمد مبدأ عمل مدوار الألياف البصرية على حدوث انحراف في الطور الناتج من إطلاق شعاعين مترابطين coherent للضوء باتجاهين متعاكسين داخل حلقة دائرية من الألياف البصرية، ويظهر في (الشكل2) كيف تدخل موجة ضوئية حلقة دائرية من الألياف البصرية نصف قطرها R عند النقطة p، مركبة على قاعدة، ويتم تقسيم شعاع الضوء إلى موجتين تنطلقان في اتجاهين متعاكسين باتجاه دوران عقارب الساعة وعكس اتجاه دوران عقارب الساعة داخل الحلقة، وعند التقاء هذين الشعاعين تتشكل أهداب متداخلة fringes، فإذا تعرض جسم المدوار إلى انعطاف أو انحراف في مستوي الحلقة فإن الأهداب تنزاح عن مواضعها مسافة تتناسب مع معدل الانحراف، وهناك خلية ضوئية تقوم بقياس هذا الانزياح ومعدله وتنقل نتائج القياس إلى حاسوب معالج يقوم بإعطاء الأوامر التصحيحية(1).
- مدوار الليزر الحلقي ring laser gyroscope: تم تطوير أول مدوار ليزري في الستينات من القرن الماضي، وركب في طائرات الركاب منذ عام 1978 فشاع استخدامه وازدادت وثوقيته ودقته، وانخفضت كلفته مقارنة بالمدوار الميكانيكي.



الشكل (3) المدوار الليزري الحلقي

(1) H.LEFEVRE, Fiber- Optic Gyroscope (Artech House Publishers, 1992).

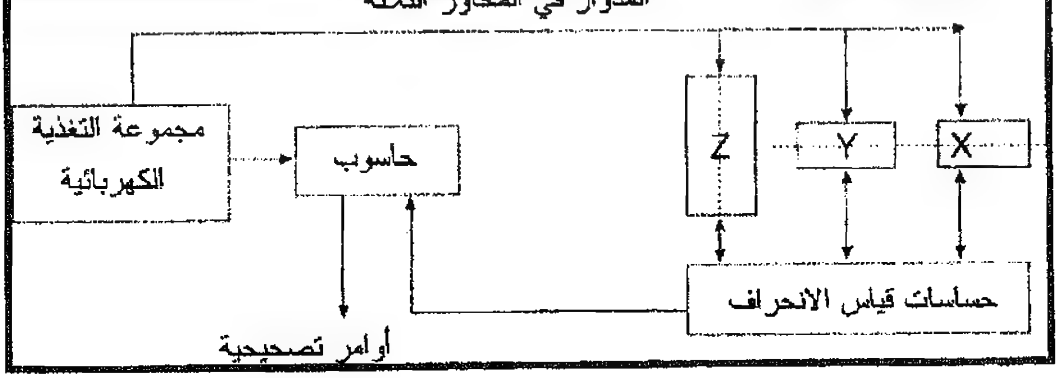
يتألف المدوار الليزري الحلقي من جسم مثلثي يحتوي على أخدود مثلثي طوله الكلي L كما في (الشكل3)، يولد المنبع الليزري مصدرين ضوئيين مضخمين مترابطين coherent ينتقلان في اتجاهين متعاكسين وينعكسان على مرآتين M2 وM3 مروراً بمرآة نصف عاكسة M1، يتم تجميع الشعاعين الليزريين بوساطة عدسة، فتتشكل عند التقائهما موجة ساكنة، فإذا تعرض جسم هذا المدوار إلى انحراف في مستوى الجسم المثلثي يحدث انزياح عن موقع الموجة الساكنة، ويتناسب هذا الانزياح مع سرعة الانحراف، وهناك خلية كشف ضوئية detector تقوم بقياس هذا الانزياح وتنقل نتائجه إلى حاسوب معالج يتولى إعطاء الأوامر التصحيحية.

وكما هو واضح فإن كلاً من المدوار البصري والمدوار الليزري هما من النوع وحيد الحرية أي يجب استخدام ثلاثة مدوارات على محاور الجسم الثلاثة لقياس حركة الجسم في الاتجاهات الثلاثة.

يتميز كل من المدوار البصري والمدوار الليزري بعدم وجود قطع متحركة، وهذا يعني عدم وجود احتكاك مما يزيد من دقة قياساته.

تطبيقات المدوار:

إن الاستخدام الأكثر شيوعاً للمدوار هو في التوجيه والتحكم بأجسام متحركة بهدف المحافظة على مسار معين محدد مسبقاً موجود في ذاكرة حاسوب مجموعة التحكم والتوجيه، ويقدم معلومات آنية ومستمرة عن الوضع الذي يجب أن تأخذه محاور الجسم الحامل في كل لحظة من اللحظات.



الشكل (4) مبدأ عمل مجموعة التحكم والتوجيه

وتتم مقارنة هذه القيم الاسمية مع القيم المقاسة بمساعدة المدوار، فإذا ظهر أي اختلاف بينها تقوم منظومة التحكم بتوليد أوامر تصحيحية وإرسالها إلى دفات القيادة في الطائرة أو الصاروخ أو السفينة أو الغواصة أو إلى نوافث التوجيه في السواتل، حيث تتم إعادة الجسم إلى الوضعية المطلوبة على المحاور الثلاثة، وهو مبدأ عمل أجهزة التحكم والتوجيه العطالي inertial navigation، ويبين (الشكل4) توضيحاً لهذه العملية[1].

المرفأ: Port

المرفأ port هو منشأة هندسية متكاملة، الغاية منها إيجاد حوض مائي محمي من الظواهر الطبيعية (الأمواج، الرياح، التيارات)، وذلك من أجل رسو السفن بداخله بهدوء وأمان كي تتم عمليات مبادلة البضائع من تحميل وتفريغ، وربما في حالات خاصة من أجل الاحتماء من عاصفة بحرية متوقعة.

ويعدّ المرفأ بذلك حلقة اتصال بين الوسط المائي والوسط البري تلتقي عندها كل وسائل المواصلات من طرق وسكك حديدية ومطارات.

إنشاء المرفأ:

يجب أن يوفر تخطيط المرفأ وإنشاؤه التوضّع الأمثل والمترابط لعناصره الأساسية، وتُعد مسألة تخطيط المرفأ من المسائل الهندسية الخاصة في تخطيط المدن، إذ يجب أن يدرس المهندس المختص احتياجات البلد لفترة مستقبلية طويلة من النقل والشحن وحركة الترانزيت المتوقعة للدول المجاورة، ويحدد شكل المكاسر وحواجز الأمواج والأرصفة والأبنية الملحقة بالمرفأ وشبكات الخدمات وحركة النقل والترانزيت وحركة السير، وطرائق توفير جميع الخدمات اللازمة للمرفأ، وطريقة ارتباط المرفأ في موقعه المقترح بداخل المنطقة التي سيخدمها.

---

(1) الموسوعة العربية، معن العظمة، المجلد الثامن عشر، ص268، (بتصرف).

تُجرى دراسات متعددة قبل تحديد الموقع النهائي للمرفأ المراد إنشاؤه ووضع التصاميم وتقدير التكاليف المبدئية له وهي:

1- الدراسات الاقتصادية: وتتضمن هذه الدراسات:

- إحصاء ثروات المنطقة التي سيخدمها المرفأ ويؤخذ في الحسبان التغيرات المتوقعة في السنوات المقبلة.
- تحديد إمكانية الحصول على مواد الإنشاء المختلفة وكذلك إمكانية الحصول على الأيدي العاملة.
- إمكانية ربط المرفأ في موقعه المقترح بداخل المنطقة التي سيخدمها بوساطة السكك الحديدية والطرق البحرية السريعة والممرات الملاحية.

2- دراسات الظواهر الطبيعية في المنطقة: وتشمل المد والجزر والرياح ودرجات الحرارة والرطوبة والمطر والضباب والأمواج والتيارات المائية قرب الساحل وبعيداً عنه والترسيب والأحياء المائية وتأثير مياه البحر في مواد الإنشاء المختلفة.

3- الدراسات الفنية: وتشمل أعمال المساحة البحرية والمساحة البرية للموقع، والقيام بتنقيبات متقاربة لتحديد أعماق المياه والتغيرات التي تحدث فيها ومعرفة ميول الشواطئ، والقيام بالتحريات اللازمة لمعرفة طبقات الأرض وخواصها وقدرة تحملها للمنشآت التي ستبنى عليها في البر والبحر، والقيام بأبحاث على نماذج هيدروليكية عند اختيار التخطيط المقترح للمرفأ.

يجب أن يوفر تخطيط المرفأ التوضع الأمثل والمترابط لعناصره الأساسية: المساحة اليابسة والأحواض المائية، والسكك الحديدية والطرق المعبدة، ومجموعة التجهيزات والمعدات اللازمة لعمليات الشحن، والمنشآت والأبنية والوحدات الهندسية، والمواصلات.

وفي كل الأحوال يتوقف إنشاء المرفأ على مجموعة من العوامل يمكن تلخيصها بما يأتي:

- خواص السفن التي يُنتظر أن تتعامل مع المرفأ، مع الأخذ بالحسبان التطور المنتظر مستقبلاً في أحجام السفن وحمولاتها.

- طبيعة الموقع المقترح لإنشاء المرفأ واحتمالات الوقاية الطبيعية.
- الغرض الذي يقام من أجله المرفأ.
- الظواهر الطبيعية المختلفة بمنطقة الإنشاء.
- أعماق المياه وشكل خط الشاطئ.
- نوع التربة المكونة للقاع في منطقة الإنشاء.

ومهما اختلفت العوامل التي تحدد طريقة التخطيط فلابد من دراسة وتخطيط:

- الممرات الملاحية المؤدية إلى مدخل أو مداخل المرفأ من حيث شكلها التخطيطي وعمقها واتساعها.
- مدخل المرفأ من حيث تحديد موقعه وعمقه واتساعه وجوانبه إن لزم الأمر.
- المساحة المائية التي تكفل سهولة الحركة داخل المرفأ.
- تخطيط الأرصفة وتحديد أبعادها وأعماق المياه أمامها.
- تخطيط حواجز الأمواج وتحديد أبعادها.
- تخطيط الطرق وخطوط السكك الحديدية داخل المرفأ.
- تصميم المستودعات اللازمة وساحات التخزين.
- تحديد مواقع أحواض الإصلاح والصيانة بمختلف أنواعها[1].

منشآت المرافئ ومكوناتها الأساسية:

يتألف المرفأ من قسمين رئيسيين هما: المساحة اليابسة (القسم البري) والمساحة المائية (القسم البحري)، ويشمل القسم البري الأرصفة، وهي المنشآت المخصصة لعمليات شحن البضائع بجميع أنواعها، إضافة إلى الأرصفة الخاصة بصيانة السفن وسفن الأسطول الفني وأعمال أخرى.

تتوزع على أرض جبهة الرصيف تجهيزات التحميل والتنزيل والمستودعات وساحات عمليات الشحن، وخطوط التزويد بالمياه والكوابل الكهربائية، وخطوط

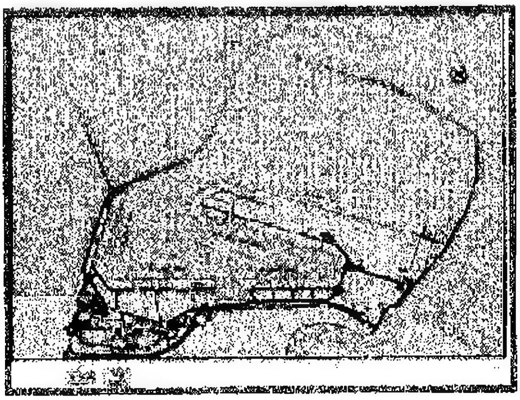
(1) B.L.GUPTA , Harbor Dock Engineering (Delhi 2003).

الاتصالات وشبكة الصرف الصحي وشبكات الإطفاء، كما تتوضع على أرض الميناء الكراجات ومراكز الصيانة لآليات التحميل والتفريغ والآليات الأخرى، والأبنية الإدارية، وقواعد التأمين الفني والمادي للأسطول، والأمكنة الصحية والمعاشية والتنظيفات والمطاعم والحمامات، ودائرة صيانة البناء، والمحطة الكهربائية، والجمارك، ومحطة الحجر الصحي، ومحطات السكك الحديدية والساحات لتوقف عربات هذه السكك، ومراكز صيانة السفن على أرض الميناء أو بجانبيه، وقد تتوضع المصانع التي تتطلب حسب نوعها وإنتاجها إنفاق كمية كبيرة من المواد الخام، ومن ثمّ إرسال السلعة الجاهزة عن طريق البحر، وغالباً ما تملك هذه المصانع أرصفتها الخاصة المتوضعة في أحواض عامة أو خاصة مرتبطة بالميناء.

أما المساحة المائية (القسم البحري) فتتألف من حوض مائي خارجي وحوض مائي داخلي، إضافة إلى حوض مائي فعال عند الأرصفة، ويجب أن تكون أعماق هذه الأحواض كافية لتمرير السفن التصميمية.

يُزوَّد الحوض المائي بالحواجز الملاحية اللازمة لتوفير شروط الملاحة الآمنة، وفي بعض الحالات تُضاف ممرات الاقتراب إلى قوام حوض المرفأ.

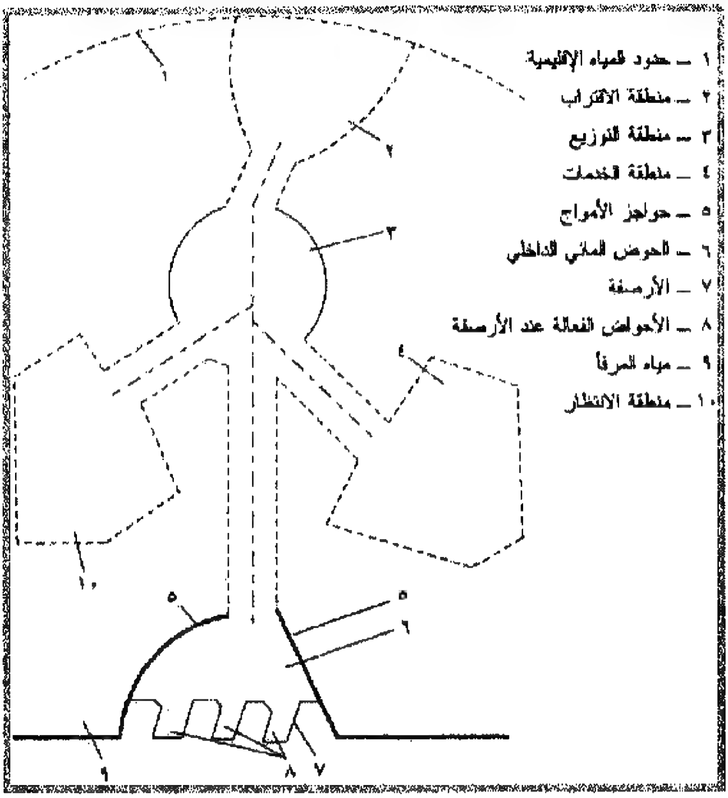
يجب أن توفر للحوض الداخلي حماية طبيعية أو اصطناعية من العوامل الطبيعية التي تعوق عمليات الشحن، لذلك تقام منشآت الحماية البحرية من كواسر أمواج وحواجز أمواج، ويوضح الشكل (1) مكونات المرفأ[1].



الشكل (1)

(1) B.F.GORUNOV and others, Marine Ports (Moscow 1979).

من الجدير بالذكر أن حرم المرفأ أو حدوده لا تتوقف عند منشآت الحماية، وإنما تمتد إلى ما بعدها، حيث تحتوي على عدة مناطق مائية مثل منطقة الممرات والقنوات الملاحية ومنطقة التوزيع ومنطقة الخدمات ومنطقة الانتظار، وكل ذلك ضمن حدود الفسحة المائية الخارجية، كما هو موضح بالشكل (2).



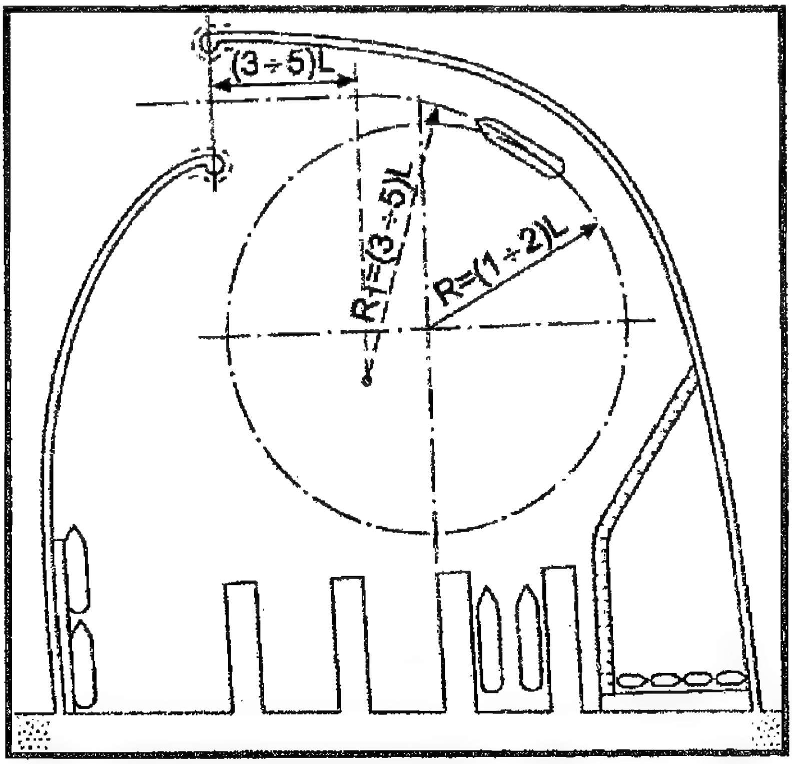
الشكل (2)

بعد أن تقطع السفن المياه الإقليمية وتصل إلى حدود حرم المرفأ تتوجه عبر قناة ملاحية أو ممر ملاحي إلى منطقة التوزيع، والتي توصل بممرين يؤدي أحدهما إلى منطقة الانتظار في حال انشغال الحوض الداخلي بالسفن، فترسو في منطقة الانتظار حتى تُعطى أمراً بالتحرك باتجاه منطقة المرفأ، لتصل بعدها إلى الفسحة المائية الداخلية عبر ممر أو قناة ملاحية ومن ثم إلى رصيف أو حوض محدود من أجل التحميل أو التفريغ، أما الممر الآخر الذي يتفرع من منطقة التوزيع فهو يؤدي إلى منطقة الخدمات الملاحية حيث تقدم الخدمات فيها للسفن، وقد تكون هذه الخدمات خدمات صيانة أو إصلاح أو خدمات تموين من وقود أو طعام مقابل أجر

معين، ثم تتابع السفينة طريقها عبر الممرات الملاحية إما إلى المرفأ أو تعود خارج المياه الإقليمية.

لابد من الإشارة إلى أن القنوات والممرات الملاحية محددة بإشارات ملاحية معينة واضحة تسير خلالها السفن بأمان.

المساحة المائية الداخلية (الحوض المائي الداخلي): ويضم الحوض المائي الذي يسمح بدخول وخروج مريحين للسفينة، وكذلك المناورة الآمنة للسفن التي تؤم هذا الحوض، وتتحدد أبعاد هذا الحوض تبعاً لعدد السفن المترددة وحجومها ومواصفاتها من حيث الطول والعرض والغاطس، وطبيعة موقع المرفأ من حيث أعماق المياه في المنطقة القريبة من الشاطئ ونوعية تربة القاع، ويتصل الحوض الداخلي مباشرة بالأرصفة التي يمكن أن تتوضع بشكل جبهة رصيفية أو بشكل ألسنة ممتدة ضمن الحوض (الشكل3)[1].



الشكل (3)

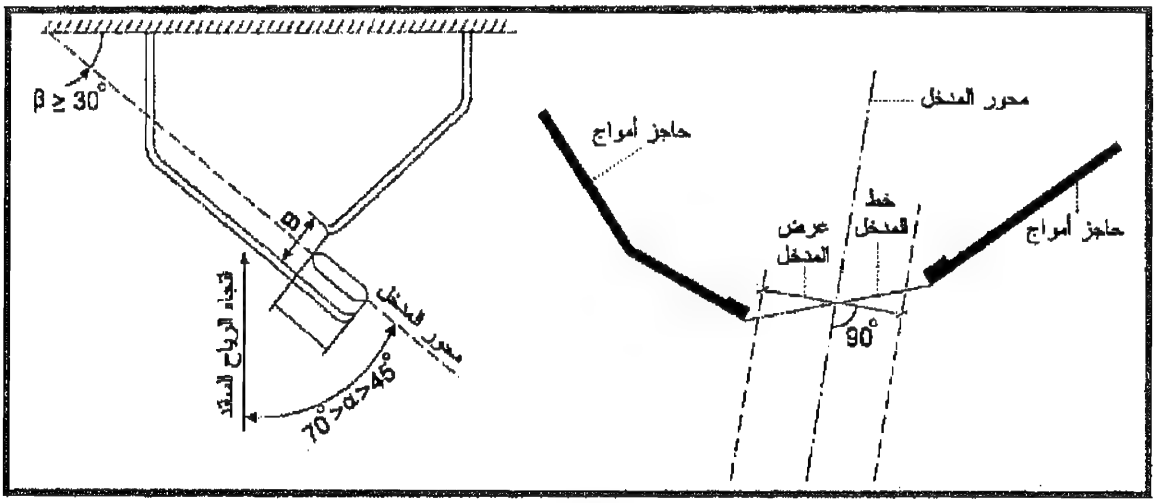
(1) P.E.YACOVLEV and others, Port Hydrotechnical Structures (Moscow 1989).

يجب أن تحقق أبعاد الحوض المائي وعرض حوض العمليات المائي عند الأرصفة الإنجاز المريح والآمن لعمليات الشحن.

ويجب أن تتوافر في الحوض المائي المتطلبات الآتية: الحماية من الأمواج ومن تراكم الثلوج ومن الرسوبيات ومن التيارات البحرية، وأن يتوافر العمق الكافي الآمن والأبعاد التصميمية الملائمة.

عند تحديد أبعاد أقسام الساحة المائية الداخلية (الحوض المائي الداخلي) يجب الأخذ بالحسبان القيمة المسموح بها لسرعة السفينة عند الدخول إلى المرفأ في أثناء المناورة.

تدخل السفن إلى الحوض الداخلي من خلال مدخل المرفأ الذي يمثل الفتحات التي تترك في حاجز الأمواج لتسمح بدخول السفن إلى المساحة المائية وكذلك خروجها، ويوضح (الشكل 4) اختيار موقع المدخل.



الشكل (4)

تصنيف المرافئ:

تصنَّف المرافئ وفق عدد من المؤشرات:

1- حسب التجهيزات، وتقسم إلى: مرافئ مدنية ومرافئ حربية.

2- حسب الوظيفة والغاية من الإنشاء: مرافئ عسكرية، تجارية، مرافئ صناعية، مرافئ سياحية، مرافئ صيد ونزهة.

3- حسب منطقة الملاحة، وتقسم إلى مرافئ بحرية ومرافئ نهرية.

4- حسب كمية البضائع المشحونة على مدار السنة.

5- حسب المواصفات الاقتصادية والتقنية: يتعلق هذا التصنيف بقدرة المرفأ على التحميل، وبدرجة تطور التقنيات والتجهيزات فيه، وبسرعة العمليات: مرافئ درجة أولى، مرافئ درجة ثانية.

6- حسب طبيعة الموقع: مرافئ طبيعية، مرافئ نصف طبيعية، مرافئ اصطناعية.

7- حسب مدة الاستثمار: مرافئ دائمة، مرافئ فصلية.

8- حسب علاقتها مع منسوب المياه: مرافئ مفتوحة، مرافئ مغلقة.

وتقسم مرافئ التصنيفات السابقة إلى مجموعتين:

1- فعالة: كمية البضائع المصدرة أكبر من كمية البضائع المستوردة.

2- سلبية: كمية البضائع المستوردة أكبر من كمية البضائع المصدرة.

تقويم أداء المرفأ:

المرافئ هي المنافذ الرئيسية للتجارة الداخلية والخارجية للدول، وتؤدي دوراً مهماً جداً في النمو الاقتصادي لكثير من الدول المتقدمة، حيث تعمل بوابات تمر من خلالها التجارة الخارجية، مثل استيراد المواد الخام ومن ثم تصنيعها وتصدير الجزء الكبير منها بعد التصنيع، أما بالنسبة إلى الدول النامية فإن اقتصاد معظم هذه الدول يعتمد على التجارة المنقولة بحراً ومن ثمّ على الموانئ، ولا تستطيع أي دولة من الدول النامية أن تستورد المنتجات المصنّعة والبضائع الأساسية لسد احتياجاتها، وكذلك تصدير المواد الخام التي تمكنها من الحصول على العملات الأجنبية من دون مرافئ فيها أو بالقرب منها.

إن المرفأ الذي يدار بكفاءة عالية يساعد على النمو الصناعي وعلى زيادة الأرباح عن طريق المواد الخام المصدرة، وبذلك يزيد من معدل التقدم الاقتصادي، إضافة إلى توفير حوافز مهمة لدخول السوق العالمية ومن ثم توفير الفرصة المباشرة لتبادل التجارة بين الدول[1].

(1) ALONZO DEF. QUINN, Design and Construction of Ports and Marine Structures (New York 1972).

وفي إطار التقويم الجديد للمرافئ فإن المرفأ يقدم فعاليات كبيرة مثل:

- توفير النقطة البينية لحركة نقل البضائع بين البر والبحر.
- استخدامه مستودعاً للتخزين ولتعقيب الشحن، كونه موقعاً لتجهيز الصادرات الصناعية والتجارية.
- عمله مركزاً للخدمات التجارية بحيث يمكن أن يكون مركزاً رئيسياً يتم تبادل المعلومات فيه مع جميع الأطراف المنتفعين بخدماته والمستخدمين لتسهيلاته.

الآفاق المستقبلية:

تسعى معظم الدول إلى تطوير النقل البحري وتدعيمه وتحديثه بإجراءات من أهمها:

1- تطوير الخدمات المقدمة بالمرافئ وتحسينها ورفع مستوى أدائها وبأسعار منافسة.

2- دعم الأساطيل التجارية البحرية للدولة وتنميتها وتحديثها وتشجيع الاستثمار في هذا المجال.

3- الاستمرار في توفير شروط الملاحة الدولية، والعمل على جذب العديد من الخطوط الملاحية الجديدة.

4- تطوير الكوادر البشرية ودعمها وتدريبها.

5- الاستمرار بدراسة أسواق النقل البحري العالمي ومعرفة التغيرات التي تطرأ عليها.

6- تطوير النظم المعلوماتية بما يتوافق مع التطور التكنولوجي العالمي لخدمة قطاع النقل البحري[1].

---

(1) الموسوعة العربية، آمال حيدر، المجلد الثامن عشر، ص388، (بتصرف).

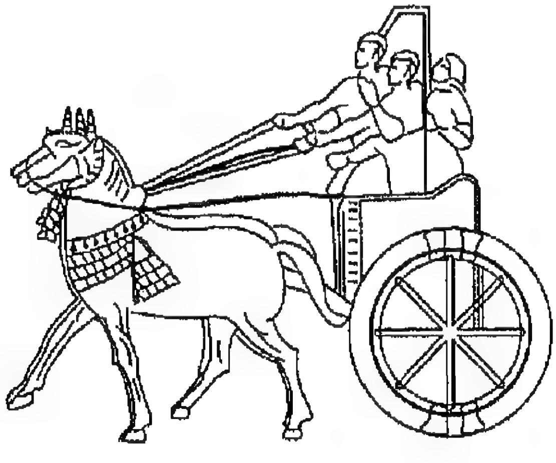
المرور: Traffic

المرور traffic لغة الجواز والذهاب، وفي الاصطلاح هو مجموع احتياجات الربط والمبادلات التي تقوم بين الوظائف المدنية الثلاث من سكن وعمل وترفيه، وهي التي تولّد حركة الذهاب والإياب المستمرة وتزداد قوتها كلما كانت المدينة السكنية أكبر وكلما تنوعت وازدادت أنشطة سكانها، وترتبط بكلمة المرور ثلاث مفردات هي الطرق ووسائل المواصلات والأنظمة والقواعد المرورية.

لمحة تاريخية:

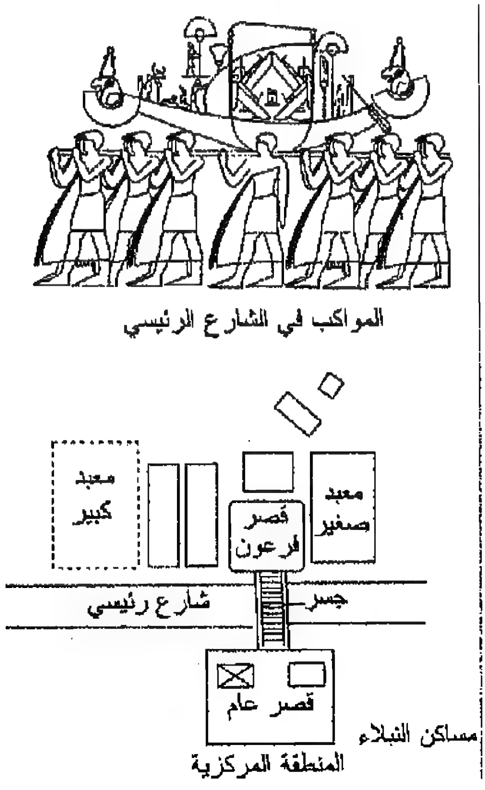
منذ اختراع الدولاب قبل سبعة آلاف سنة بدأ الإنسان يستخدمه في شؤون كثيرة من أهمها استخدام سكان الرافدين وبلاد الشام ومصر العربات في الجر والنقل مما اضطرهم إلى تمهيد الطرق أو الممرات لسير العربات (الشكل 1).

ويلاحظ ذلك بوضوح في المدن المصرية القديمة التي تتميز بوجود ممرات مستقيمة محددة الأبعاد أمام المعابد لاستيعاب الاحتفالات والمواكب المهمة (الشكل 2).



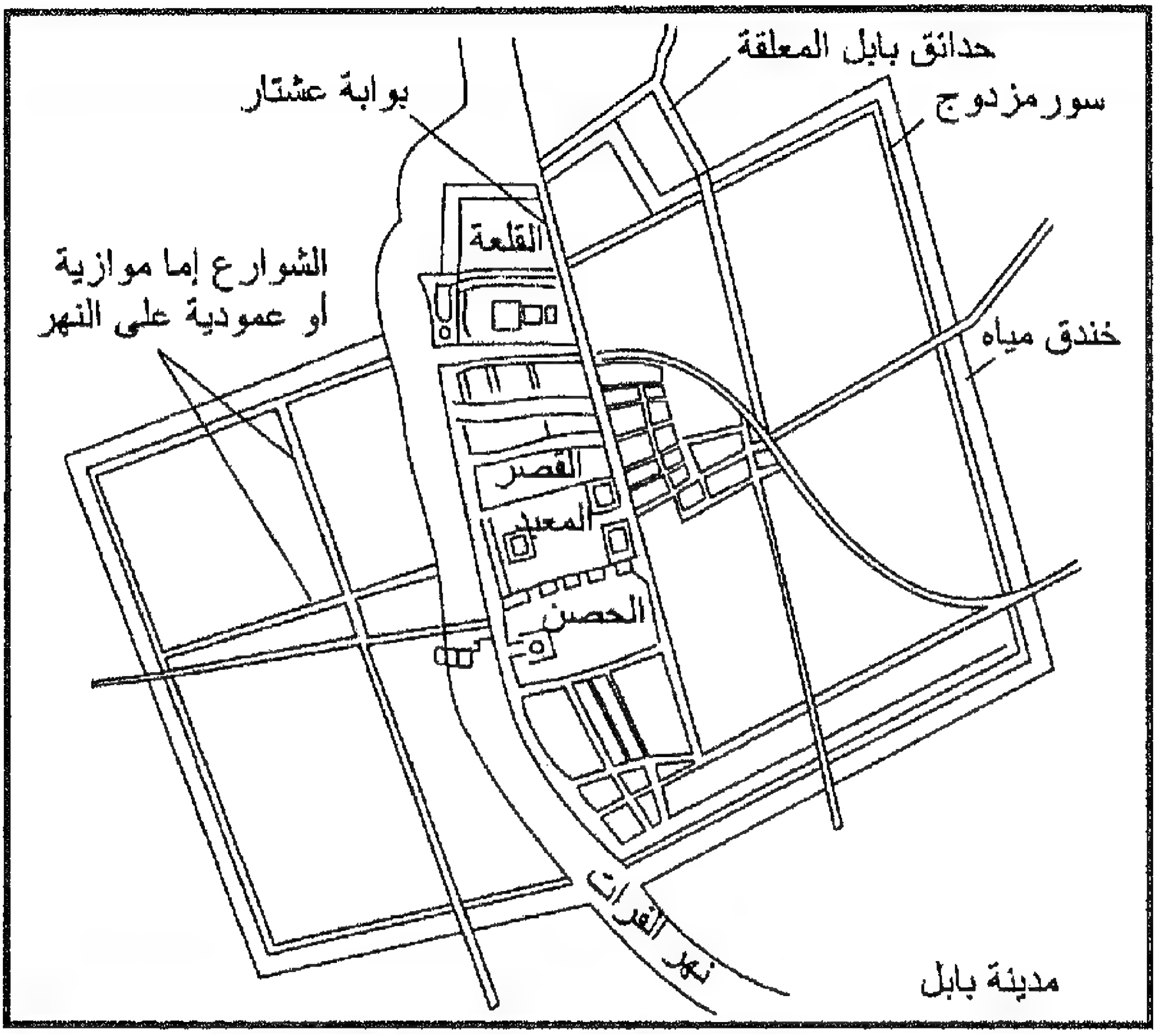
عربة آشورية

الشكل (1)



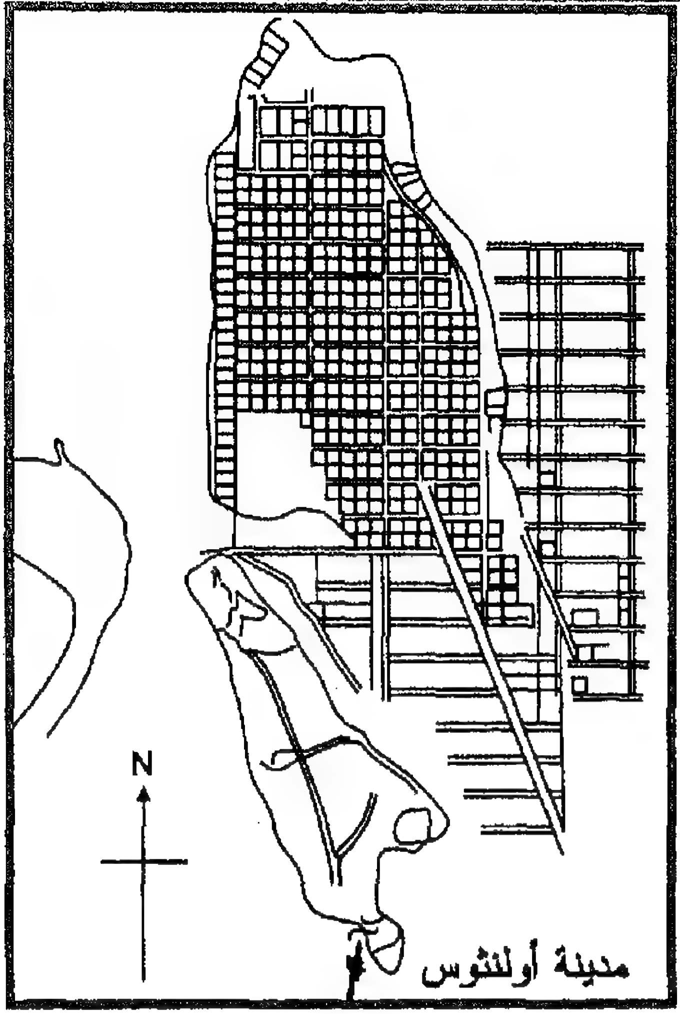
الشكل (2) المرور الموكبي في المدن المصرية القديمة

وكذلك في مدن الرافدين التي صُممت شوارعها الرئيسية لمرور الجيوش ومواكب الاحتفالات، وكانت مستقيمة ومتعامدة تماماً، أما في المناطق السكنية فكانت الحارات والأزقة ضيقة ومنحنية والمنعطفات لا تسمح إلا بمرور شخص ودابة فقط (الشكل3).



الشكل (3) مدينة بابل وتخطيط شوارعها

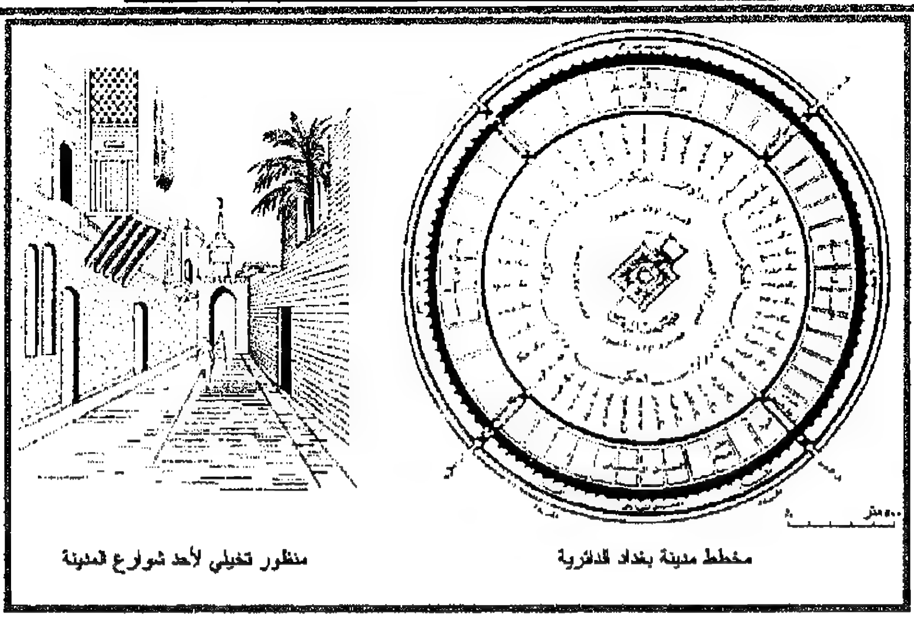
في حين تميزت المدن الإغريقية بشبكة شوارع مستقيمة ومتعامدة يتقاطع بعضها مع بعض، وتشتمل على شارعين رئيسين متعامدين ويقع مركز المدينة (الأغورا) عند نقطة تلاقيهما، انتظمت المساكن في خطوط متناسقة وتساوت شبكة الشوارع (الشكل 4).



الشكل (4) شبكة الشوارع وفراغات المرور في المدينة الإغريقية

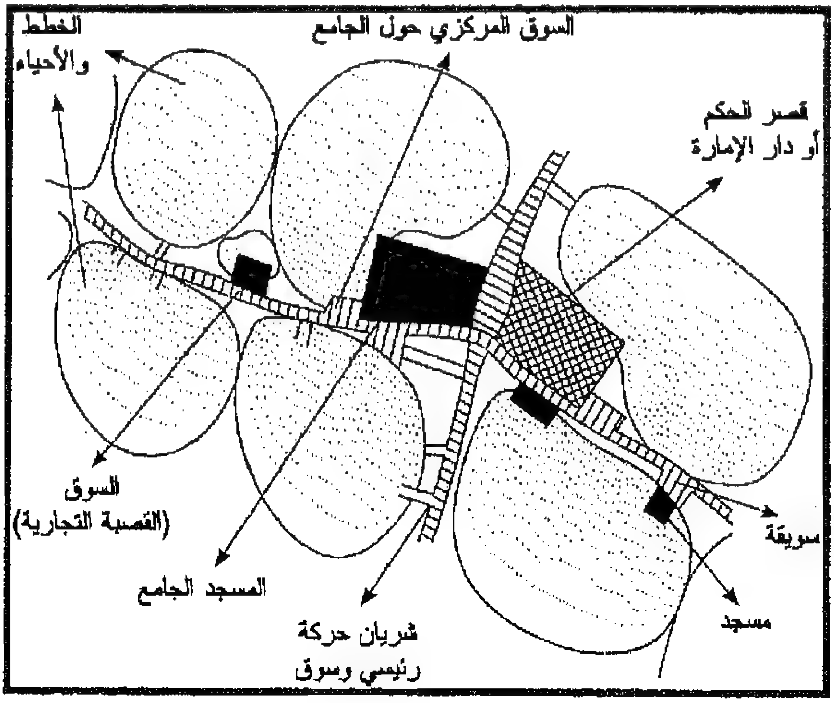
كذلك كانت حال المرور في المدن الرومانية حيث قُسّمت الشوارع إلى مربعات بحسب تخصصها، فمنها شوارع للعربات السريعة ذات اتجاهين بعرض نحو 7.2 متر، وشوارع للمشاة بعرض نحو 1.5 متر، وشوارع لمرور الحيوانات، وفي هذه المدن بدأ مفهوم فصل حركة المشاة عن العربات.

يُطلق مفهوم المدن الإسلامية على نوعين من المدن، منها ما بني مدناً مخططة جديدة، ومنها مدن تطورت فوق مدن أخرى، ومن أمثلة المدن الجديدة التي نشأت في العصر الإسلامي مدينة بغداد التي بناها المنصور على شكل دائري، (الشكل5) ورُوعي فيها الفصل المروري بين المشاة والحيوانات وطرق الجند والطرق التخديمية.



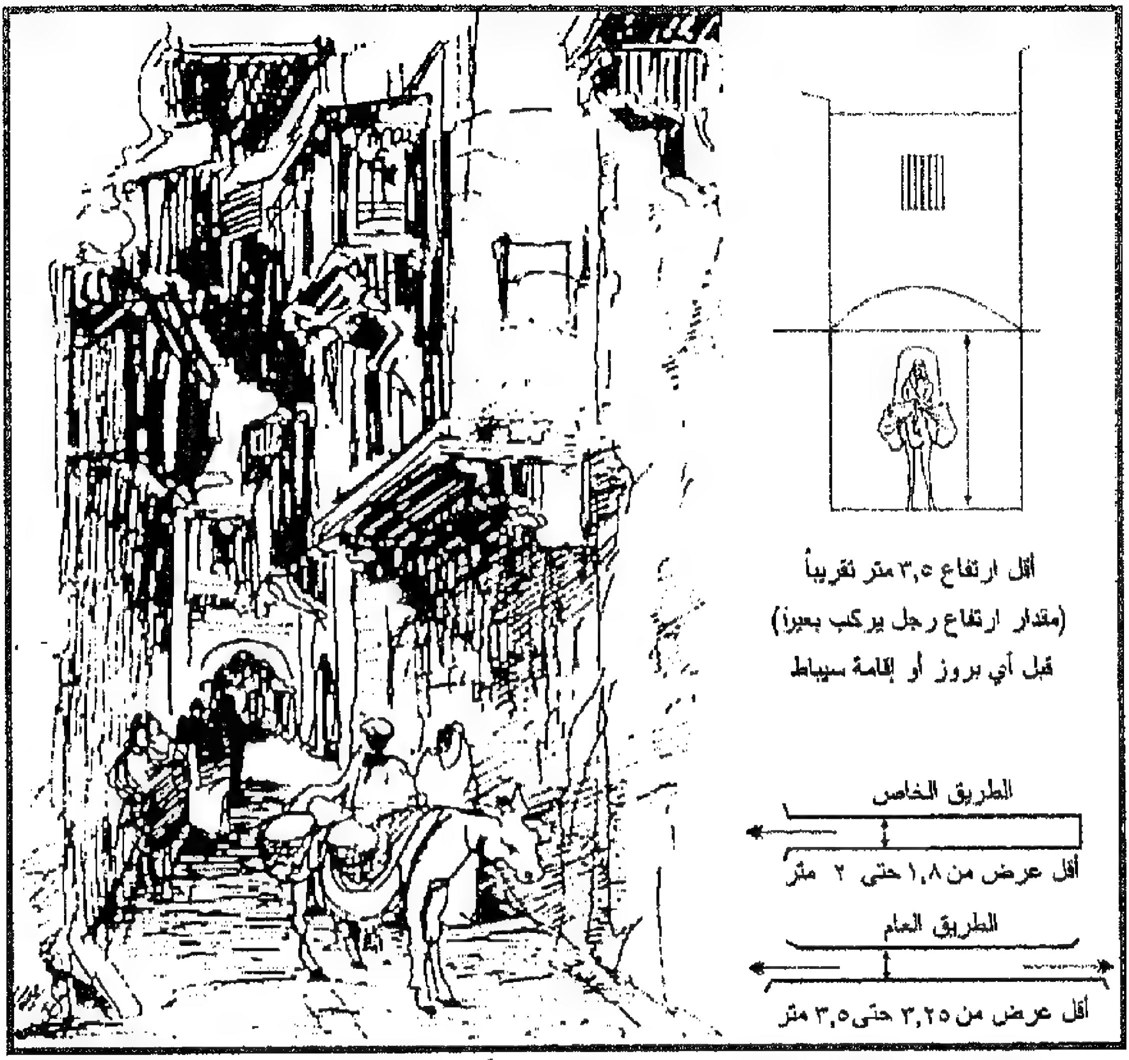
الشكل (5) مدينة بغداد (مدينة المنصور المدورة) نموذج عن المدن الإسلامية المخططة

أما في المدن الإسلامية القديمة المشادة فوق مدن وحضارات سابقة فقد كان هناك تدرج في شبكة الطرق، حيث تبدأ بالشارع الرئيسي الذي يُسمى القصبة وتتفرع منه شوارع ثانوية أصغر، وعند الدخول إلى المناطق السكنية توجد الحارات ثم الزقاق ثم الحارة المسدودة (الشكل 6)، وشبكة الشوارع في هذه المدينة للمشاة ضيقة ومتعرجة.



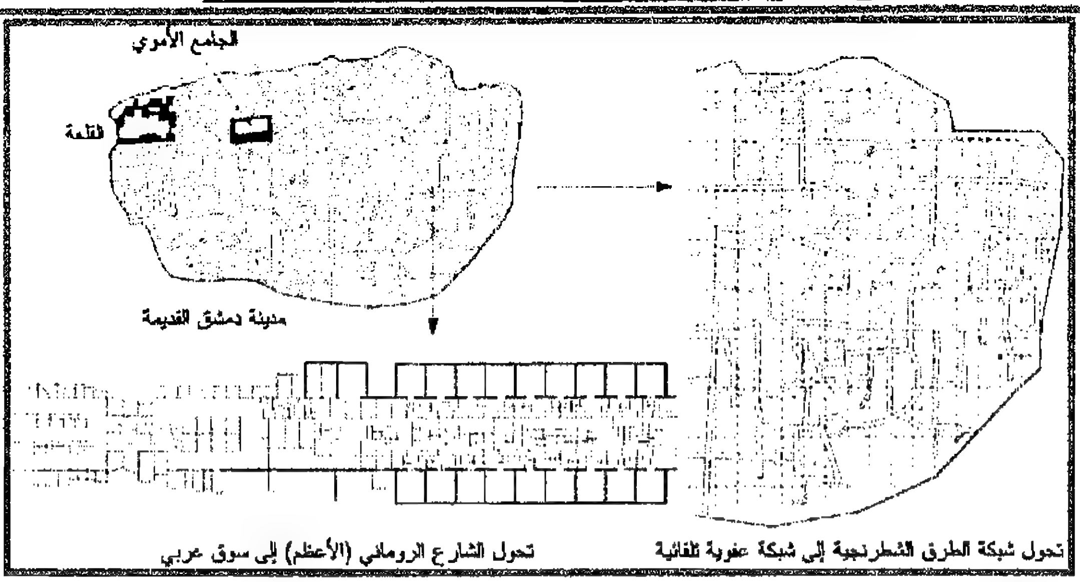
الشكل (6) التدرج في أهمية الشوارع في المدينة العربية الإسلامية وعروضها

وكان يحكم المرور في هذه المدن أهمية الشوارع، ودرجة الخصوصية، والعلاقة الناظمة بين ارتفاع الطريق وعرضه في المدينة تبعاً لوسائل المواصلات السائدة آنذاك (الشكل7).



الشكل (7) العلاقة الناظمة بين أبعاد الطريق تبعاً لوسائل المواصلات السائدة آنذاك

ومن أهم المدن الإسلامية التي تطورت ونمت فوق مدن أخرى مدينة دمشق (الشكل 8)، التي تغيرت فيها الشوارع الرومانية العريضة وتحولت إلى أسواق تقليدية، واتخذت الشوارع المتعامدة المتوازية أشكالاً متعرجة وملتوية، وتولدت بين الأعمدة مناطق ودكاكين وأصبحت هذه الشوارع فيما بعد متتابعة بصرية متنوعة وجميلة.



الشكل (8) التحوير في تخطيط فراغات مدينة دمشق الرومانية القديمة وتحولها إلى مدينة عربية تقليدية مع نهايات القرن السادس الهجري

أدى اكتشاف الآلة البخارية عام 1769 والتطور الصناعي إلى فتح الآفاق من جديد أمام صلات بعيدة المدى بين مدن البلد الواحد ومع الخارج، فكان لابد من تطوير الطرق لتواكب هذا النمو وتستوعب التطور التقني الذي حققته وسائط النقل التي كانت تزداد سرعتها باستمرار، وهكذا أصبحت المدينة بحاجة إلى مسارات لخطوط السكك الحديدية أولاً ثم السيارات فيما بعد، وبدأت الأسوار حول المدن تتساقط الواحد تلو الآخر لتحلّ محلها ساحات تتصب عليها شوارع تزداد عرضاً باستمرار.

وأصبحت شرايين المواصلات تشغل مساحات تصل إلى 40٪ من مساحة المدينة، وحدثت إضافات في تخطيط شبكة الحركة، وبدأ الفصل واضحاً بين حركة المشاة والمركبات، وأصبحت الشوارع مستقيمة وواسعة ومحاطة من الجانبين بالخضرة، وتتلاقى الشوارع في ساحات مركزية وترتبط معها شعاعياً.

المرور ودوره في تخطيط المدن:

إن شبكة الشوارع هي الأساس التخطيطي لمخطط المدينة الأم. فالشوارع توفر المواصلات داخل المدينة، وتحتها شبكات البنية التحتية، وتشمل المساحات المرورية في المدينة ثلاثة أنواع هي:

- المساحات الخاصة بالسير السريع: وهي مساحات الطرق والساحات والشوارع المخصصة لسير المركبات، فالمركبة "هي كل وسيلة نقل تسير بقوة آلية (السيارة أو الدراجة النارية أو القطارات الكهربائية وغيرها) أو جسمية (الدراجة أو العربة)".
- المساحات الخاصة بالسير المتمهل: وهي المساحات التي تُخصص لسير المشاة من أرصفة ومحاور وساحات وممرات خاصة بالمشاة حصراً.
- المساحات الخاصة بالسير الساكن: وهي المساحات التي تخصص مواقف للمركبات سواء أكانت جزءاً من جسم الشارع نفسه أم ساحات أم أبنية مخصصة للوقوف.

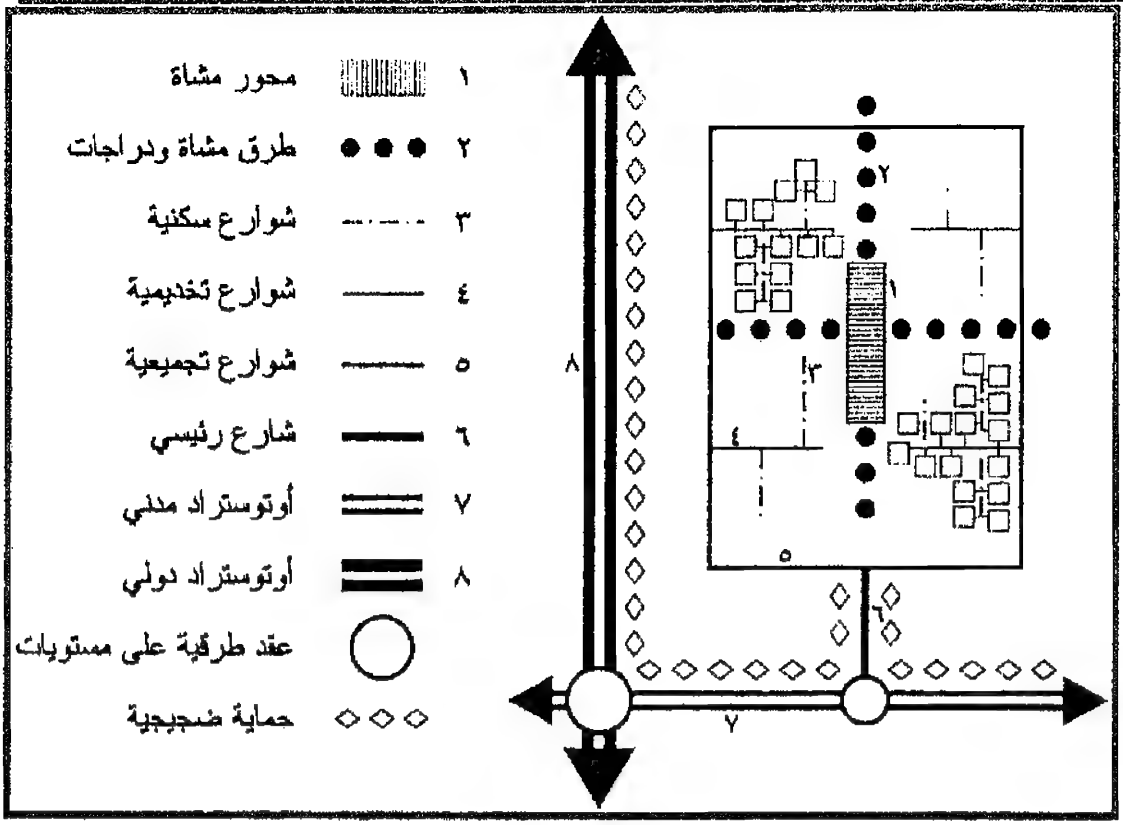
تصنيف هيكلية الشوارع:

- بحسب استخدام الطريق: يمكن التمييز بين حركة المرور داخل المدينة وخارجها، إذ تلبي الأولى احتياجات المبادلات والمواصلات بين مختلف الأحياء، وتوفر الثانية الاتصالات بين المدن المتجاورة.

وفي الأحياء المركزية للتجارة والأعمال تظهر حركات المرور والمواصلات في أكبر صورة لها إذ يزداد حجمها تدريجياً من الصباح حتى نهاية بعد الظهر، مع زيادة مفاجئة في ساعات الدخول إلى أماكن العمل والخروج منها (ساعات الزحام)، وتصل إلى أقصى درجة قبل المساء بقليل.

- التدرج الهرمي في الطرق: لا تكاد تخلو نظرية تخطيطية قديمة أو حديثة في تخطيط المدن أو التخطيط الإقليمي من عدّ التدرج في الطرق أحد الأسس المهمة التي تعتمد عليها، ويعتمد هذا التدرج على حجم التجمع السكاني وحجم المرور المتوقع الذي يؤثر في عدد الحارات المرورية وعرض الحارة ذاتها، ومن ثمّ في السرعة المفترضة للمرور، ومعدل ملكية السيارة وتطوره، والتطور المتوقع في استعمالات الأراضي.

وتتدرج هذه الطرق والشوارع على النحو الآتي: (الشكل 9)



الشكل (9) التدرج الهرمي في تصنيف الطرق والشوارع المرورية

- الأوتوسترادات المدنية: وتكون هذه الشوارع ذات اتجاهين مفصولين بشريط أخضر مشجّر. أما رصيف المشاة فتتم إضافته شريطة فصله عن السير بشريط حماية.
- الشوارع الرئيسية: لا تحتاج هذه الشوارع إلى الفصل بين المسلكين، كما لا تستدعي تخصيص مسرب خاص بالتوقف والوقوف أيضاً.
- الشوارع التجميعية: تكمن وظيفتها في تجميع الحركة من الشوارع التخديمية لتخرج بها إلى الشوارع الرئيسية، يُضاف إليها رصيف للمشاة ومسرب للتوقف والوقوف مواز لمحور الشارع.
- الشوارع التخديمية: وهي الشوارع التي تخدم حركة سير للحيّز السكني.
- الشوارع السكنية: وهي الشوارع التي تغلب عليها صفة سير المشاة على سير المركبات والتي تخدم حيّزاً سكنياً ضيقاً[1].

(1) أنظر أيضاً: يحيى الخاير، سليمان الشامي، هندسة الطرق (منشورات جامعة دمشق، 1987).

وسائل تنظيم المرور وحل مشكلاته:

من الأسباب الأساسية لمشكلات المرور زيادة الكثافات السكانية، وارتفاع معدل ملكية السيارة، والنقص الواضح في المساحات التي يتطلبها المرور، وتكمن المشكلة في أن زيادة المساحات المخصصة للمرور ونموها لم يطرّد مع الزيادة السكانية بالمعدل نفسه، ففي وسط أوروبا مثلاً كان معدل تضاعف السكان 3.5 مرة في حين كان تضاعف المساحة المخصصة للمرور مرتين فقط.

يفكر المُخطِط في مشكلة المرور من خلال تصوره عن تخطيط استعمالات الأراضي، ويأخذ هذا الفكر صوراً شتى، منها على سبيل المثال ما يأتي:

- وضع المخطط العام المقترح لأي تجمع عمراني في ضوء تخطيط المرور، بمعنى أن تترجم جميع استعمالات الأراضي المقترحة في المدينة والإقليم إلى مناطق جذب للرحلات أو مناطق تولد رحلات، ثم يصمم قالب المرور من هذه الاستعمالات بوصفها منبعاً أو مصباً، وفي حالة توقع أي خطأ أو مشكلة أو احتمال تكوين عقد مرور مستقبلاً، فإنه يمكن تغيير الاستعمالات التي أدت إلى حدوث المشكلة وتحرير المخطط العام أو تعديله تبعاً لذلك.
- أن يتلاءم التدرج الهرمي في التخطيط مع جميع الأبعاد، إذ يكون التدرج في مشكلة الطرق ابتداء من الطرق السريعة وانتهاء بالشوارع السكنية، وبناء على هذا التدرج يضع المخُطِط تصوره لحل مشكلة المرور على أساس أن المراكز الفرعية ومراكز المجاورات تتم إليها الرحلات الخاصة بالتعليم والصحة والترفيه والرحلات الاجتماعية سيراً على الأقدام، إذ تقع هذه الخدمات كلها داخل نطاق مسافة سير ممكنة، في حين أن المراكز الأعلى تتطلب وسائل مرور آلية عامة أو خاصة.
- تحديد المسارات الأساسية للمشاة في وسط المدينة بناء على استعمالات الأراضي فيها وتحديد أيها مناطق تركيز للمشاة، وتخطيط أماكن الانتظار للسيارات سواء الأرضية أم متعددة الطوابق بناء على عدد الساعات المحتمل وجودها في وسط المدينة ونطاق تأثير "المرآب" ومسافة السير الممكنة إلى

الخدمات وأغراض الرحلات في هذه المنطقة، وتخطيط مناطق السكن ومناطق العمل والخدمات جنباً إلى جنب وفي نطاق مسافة سير معقولة.

- نظام اركن واركب: Park & Ride يتلخص هذا النظام في استعمال مناطق انتظار للسيارات والدراجات في مناطق معينة وبكفاءة خاصة على المحاور التي تصل المدينة الأم بسائر التجمعات العمرانية في إقليمها، ففي هذه المناطق المعروفة بـ (P &R) يترك الشخص سيارته ثم يستعمل وسائل النقل العام (الشبكة الإقليمية) في رحلته إلى المدينة الأم، وفي رحلة العودة يستخدم وسائل النقل العام من المدينة الأم إلى المكان الذي ركن فيه مركبته، ويهدف هذا النظام إلى تقليل حجم الرحلات المتولدة من التجمعات العمرانية في إقليم المدينة إلى أقل حد ممكن داخل المدينة الأم مرحلة أولى، ثم داخل منطقة قلب المدينة مرحلة أخيرة، ومن فوائده حل مشكلات الانتظار في وسط المدينة وتوفير عنصر الوقت وعنصر الاقتصاد في رخص استخدام الوسيلة الإقليمية ذهاباً وإياباً عند موازنتها بتكلفة السيارة وثمن وقت الانتظار، إضافة إلى تخفيف التلوث.

الأنواع الرئيسية لدراسة المرور:

1- إحصاء المرور ويتضمن: حجم المرور وأوضاع الطرق وعقدها، ومن طرائقه:

- وسائل الإحصاء المباشرة: يتم العدّ في هذه الحالة بوساطة العد اليدوي وهذه الطريقة مستخدمة على نحو واسع، وتستخدم من أجل عدّ وسائط النقل والمشاة، وتتميز هذه الطريقة بالبساطة إلا أنها تحتاج إلى عدد كبير من العناصر البشرية.
- إحصاء الحركة بوساطة الوسائل التقنية: يستخدم للعد في هذه الحالة وسائل تقنية مختلفة منها وسائل أوتوماتيكية أو نصف أوتوماتيكية أو أجهزة التصوير السينمائي.

2- مسح المناطق المولّدة للمرور ويتضمن: معرفة سلوك الناس، أوقات عملهم وفراغهم، واتجاهات حركتهم ضمن المدينة.

3- إحصاء المشاة: ويهتم بدراسة قدرة طرق المشاة وحاجتهم إلى تقاطعات معينة وأماكن هذه التقاطعات وأنواعها، وإشارات مرور المشاة وغزارة حركتهم.

4- الإحصاء والمسح لوسائل النقل العامة: لتحديد قدرة وسائل النقل العامة لأداء وظائفها وخدماتها.

5- إحصاء لمواقف السيارات: ليحدد توافر مواقف السيارات سواء من حيث أماكن توضعها أم استيعابها.

6- دراسة الحركة والسرعات: عن طريق قياس النظام الطرقي وقدرته على تصريف المرور المطلوب، وذلك من أجل تنظيم المرور ودراسة فعاليات وسائط النقل، والغرض من دراسات الحركة هو تحديد غزارتها حيث تعتبر الغزارة العامل الأساسي الذي يحدد أبعاد المقطع العرضي للطريق.

7- دراسة حوادث الاصطدام: وذلك لتحديد التقاطعات والمناطق الخطرة في الطرقات المختلفة ضمن المدينة وخارجها.

تصميم المقطع العرضي وتوضع عناصره الرئيسية:

يتكون المقطع العرضي للطريق من مجموعة عناصر رئيسية، وتصميمه يعني حساب أبعاد هذه العناصر، وهي:

أ- الجزء الخاص بحركة العربات.

ب- الجزء الخاص بحركة المشاة وتوضع شبكات المرافق.

ج- الشرائح المخصصة لبعض المنشآت الهندسية والتشجير.

ومن ثم فإن تصميم المقطع العرضي يعني حساب الأبعاد اللازمة لهذه العناصر المكونة له وتوضعها في علاقة تعتمد على مجموعة عوامل تنظيمية ومعمارية وطبيعية.

حساب عرض مسار العربات:

في حساب عرض مسار العربات تُراعى مجموعة من العوامل الرئيسية منها طبيعة الحركة المتوقعة، ذلك لأن الخطأ في حساب العرض الكافي لمسار العربات

يؤدي إلى هبوط سرعتها وحدوث الاختناقات في المناطق التي تزيد فيها غزارة المرور على السعة التصميمية للطريق، وتختلف غزارة المرور تبعاً لساعات اليوم إذ توجد دائماً فترات زمنية تكون فيها الغزارة أعظمية، وتُسمى هذه الفترة ساعة الذروة وهي تكون عادة في ثلاثة أوقات، صباحاً وظهراً ومساءً، وتصميم سعة الطريق تعتمد على غزارة المرور في ساعة الذروة.

أما سعة الطريق فهي عدد العربات التي يمكن أن تمر من مقطع ما من الطريق أو في جزء منه في ساعة واحدة وبسرعة محدودة وفي شروط أمان الحركة حتى يمكن أن يستوعب الطريق.

ضبط حركة المرور عند التقاطعات:

تصنف تقاطعات الحركة كما يأتي:

1- التقاطعات من دون ضوابط: إذ تكون الشوارع المتقاطعة ذات أهمية متساوية، ومن ثمّ ليس هناك أفضلية لشارع على آخر.

2- تقاطعات الأفضلية: إذ يأخذ أحد شوارع التقاطع أفضلية على الشارع الآخر، وبذلك ليس هناك زمن لتأخر المركبات السائرة في الشارع الرئيسي، في حين تتأخر المركبات في الشارع الثانوي لمصلحة مركبات الشارع الرئيسي صاحب الأفضلية، ويستدل على هذه الأفضلية من وجود:
   - إشارة الأفضلية للشارع الآخر أو أفضلية المرور للغير.
   - إشارات على سطح الطريق.
   - إشارة تمهل مع إشارات على سطح الطريق في الشارع الثانوي.

3- تقاطعات الأفضلية المتماثلة: تُعطى أحقية المرور أولاً لأحد الشوارع في التقاطع فترة من الزمن، ثم يُعطى هذا الحق لشارع آخر فيه، ويُضبط هذا النوع من التقاطعات إما بوساطة شرطة المرور أو بوساطة الإشارات الضوئية أو بوساطة شواخص معينة.

4- تقاطعات أقسام الفراغ: يسمح هذا النوع من التقاطعات لتيار المرور الدوار (داخل التقاطعات الدوارة) بالمرور باستمرار، وله الأفضلية في احتلال التقاطع، ويُعطى حق المرور إلى داخل الدوار من أذرعه في حال خلو الساحة من المركبات.

الشاخصات واللوحات المرورية:

من أدوات تنظيم المرور وحل مشكلاته الشاخصات واللوحات وتخطيط أرضيات الشوارع التي يجب أن تكون مقروءة وسهلة الفهم لجميع الناس على مختلف أعمارهم[1].

مساحة : Area

المساحة هي قياس لمنطقة محصورة في نطاق معين في سطح، وأبسط شكل لها هي المنطقة المحصورة بين أربع خطوط بنفس الطول، اثنان منها متوازية والاثنان الثانية متعامدة مع الأولى، أي على شكل مربع، ومن هذا الشكل يتم اشتقاق كل أشكال المساحة الأخرى، وعندما يكون طول هذه الخطوط وحدة قياس طول واحدة، فإن المساحة المحصورة بينها تعتبر وحدة قياس مساحة واحدة، وبالتالي فإذا كان هناك مربع، طول ضلعه متر واحد، فإن مساحته تساوي متر مربع واحد.

يمكن حساب المساحة بعدد مربعات وحدة المساحة الجزئية والكاملة.

معادلات لقياس المساحة:

- مساحة المستطيل= الطول × العرض

مسلمة مساحة المستطيل والتي تنص على أن مساحة المستطيل تساوي طوله×عرضه وهذا شيء بديهي يمكن إدراكه بدون البرهنة عليه وذلك بملاحظة أنه عند فرض مستطيل عرضه الوحدة (لكي يكون عرضه غير مؤثر في المساحة بحيث يكون الطول وحده هو الذي يتحكم في قيمة المساحة) وطوله عدد معين من الوحدات نلاحظ أن عدد الوحدات المربعة والتي تشكل مساحة المستطيل يساوي عدد الوحدات الطولية التي تشكل طول المستطيل وبزيادة عدد وحدات الطول نلاحظ أن مساحة المستطيل تزداد بنفس المقدار ومن ذلك يتضح أن مساحة المستطيل تساوي طوله×عرضه.

(1) الموسوعة العربية، عماد المصري، المجلد الثامن عشر، ص434، (بتصرف).

- مساحة المثلث: ½ × القاعدة × الارتفاع S = 1 / 2bh
- مساحة الدائرة: $A = \pi r^2$.

❖ مساحة سطح الكرة: $A = 4\pi r^2$.

❖ مساحة الشكل البيضاوي (أو الأهليجي) : باي(π) × نق المحور الأكبر × نق المحور الأصغر

❖ يمكن قياس مساحة الأشكال المعقدة والمساحات المحصورة بين الدوال باستخدام علم التفاضل.

❖ مساحة المربع : طول الضلع تربيع(1).

المسرح (إضاءة-): Stage lighting

يُعد المسرح أبا الفنون، والعرض المسرحي يتألف من مجموعة عناصر تتضافر فيما بينها لتشكل منظومة فنية، الإضاءة هي إحدى هذه العناصر، التي تغني العرض الفني بوجودها الفاعل وتؤثر في نجاح المشهد، ولا تأخذ الإضاءة المسرحية أهميتها إلا عبر التعامل الواعي والمدروس لدورها في العرض المسرحي، فهي إذاً لغة فنية لإضفاء الدلالة على الحالات الدرامية على تنوعها، وقد تطورت عبر الزمن إلى عملية مشتركة بين الفن والتقانات العلمية.

لمحة تاريخية:

كان الاعتماد في بدايات الإضاءة المسرحية على الطبيعة، إذ كانت المسارح مكشوفة وكانت الشمس هي مصدر الإضاءة الأول، وقد كان العرض المسرحي يبدأ من الصباح ويستمر حتى غروب الشمس، وكان المسرح الإغريقي أول من بدأ باستخدام النار تعبيراً عن الزمن، وكان استخدام المشاعل دلالة على أنّ المشهد يجري ليلاً، ثم استخدمت الشموع في العصور الوسطى إضافة إلى الضوء الطبيعي، واستخدم ليون دي سولي في عام 1550 الإضاءة الشديدة تعبيراً عن حالة الفرح في المشاهد الدرامية والإضاءة الخافتة تعبيراً عن حالة الحزن.

---

(1) ويكيبيديا، الموسوعة الحرة، (بتصرف).

في القرن السابع عشر بدأ استخدام الإضاءة من حيث القوة واللون لخدمة العرض المسرحي، ومنذ ذلك الحين بدأ اكتشاف الأجهزة الضوئية وتطويرها، وإدخال الضوء عنصراً مؤثراً في العرض المسرحي، وكان الإنكليزي دافيد غاريك David Garrick أول من وضع مركزاً للإضاءة فوق خشبة المسرح لإضاءة الممثلين بصورة جيدة.

انتشرت بعدها تجارب غلفاني Galvani التي اكتشف فيها المصباح القوسي عام 1808، ومن ثم اخترع أديسون المصباح الكهربائي عام 1870.

تتابع تطور تجهيزات الإضاءة المسرحية مع مرور الزمن حتى اخترع المهندس جورج آيزنهاور مخفتات dimmers الإضاءة المسرحية، وتتالت التطورات وصولاً إلى استخدام أحدث التجهيزات الحاسوبية للتحكم بشبكات الإضاءة المسرحية المعقدة.

درس عدد من الفنانين والمبدعين جمال الضوء وتأثيره في العرض المسرحي على اختلاف أنواعه (الكوميدي والتراجيدي والسياسي والأوبرالي)، وكان منهم سبستيانو سرليو S.Serlio ونيقولا ساباتيني N.Sabbattini.

أهمية الإضاءة المسرحية:

يقوم مصمم الإضاءة المسرحية بدراسة النص المسرحي دراسة مستفيضة، ثمّ يشارك مخرج العرض والكادر الفني الذي سيقوم بإنجاز العرض (مصمم الديكور، مصمم الملابس، المؤلف الموسيقي وغيرهم) جلسات عمل يتم فيها قراءة النص وتفسيره وفق رؤية المخرج، إذ قد يحتمل النص المسرحي نفسه مجموعة متباينة من الرؤى، ومن خلال هذه الرؤية يتم وضع الخطوط العريضة لتصميم إضاءة العرض المسرحي، التي تتكون من:

1- اللونية العامة للعرض المسرحي على اختلاف مراحلها في أثناء العرض الواحد: وذلك حسب ما يتطلبه النص ورؤية الكادر الفني.

2- علاقة الإضاءة بالأزياء و"بالديكور" من حيث الألوان وتوضُّع كتل "الديكور" وتغير الإضاءة مع تغير كتل "الديكور" ومواقع توضعها في أثناء العرض نفسه.

3- علاقة الإضاءة بحركة الممثلين على خشبة المسرح، وكذلك بتقلب حالات أدائهم لمشاهد العرض.

وعلى هذا فإن الإضاءة لغة بصرية تهدف إلى تكوين جو معين يعيش فيه الممثلون والمشاهدون حالة مسرحية ذات معنى، ويتحقق ذلك من خلال عدد من الوظائف من أهمها ما يأتي:

1- الرؤية البصرية:

وهي أبسط وظائف الإضاءة التي يمكن من خلالها إبراز أجساد الممثلين وتعبيرات وجوههم وحركتهم على خشبة المسرح.

2- التأكيد والتركيز:

بما أنّ العرض المسرحي أداء إبداعي بكل تفاصيله، فقد ينتقي مُخرجه تفصيلاً صغيراً على خشبة المسرح أو مساحة محدودة منها لتدور فيها أحداث بعض المشاهد، كما أنه قد يقسم الخشبة إلى قسمين أو ثلاثة أو أكثر ليدور في كل قسم حدث ما في حين أنه يلغي الأقسام الأخرى، ولا يمكن أن يتم ذلك إلا عبر إضاءة مركز الحدث وإعتام غيره.

3- التكوين الفني:

تُبرز الإضاءة جماليات لا تحصى من خلال استخدامها اللون وتدرجاته والبقع الضوئية وتفاعلها مع "الديكور" والأزياء والممثلين، وقد تغلبت التقنيات الحديثة على إمكانيات المسرح المحدودة، فصار من الممكن إحداث المطر والسحاب والحريق من خلال الإضاءة وغيرها من الجماليات والتكوينات البصرية.

4- خلق الجو الدرامي:

الإضاءة أول عنصر يُمكّن المشاهد من رؤية خشبة المسرح، وبالتالي هي أول عنصر بصري يعطي إيحاء ما للمشاهد كالقلق أو الخوف أو الاضطراب أو الفرح أو الحزن، ويكون ذلك من خلال اللون وتوزيع البقع الضوئية وحركة المؤثرات الصوتية.

5- الإيحاء بالطبيعة

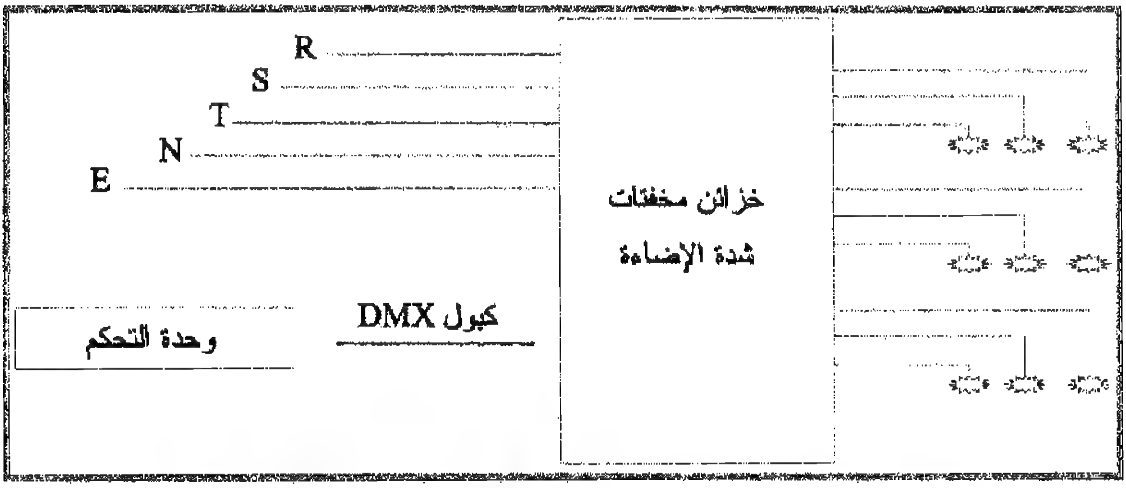
تقرب الإضاءة الواقع للمشاهد، إذ يمكن إظهار الشمس أو القمر أو الثلج أو الفضاء إذا دعت الضرورة.

6- الدلالة على المكان والزمان:

يوحي الضوء بزمن الأحداث على خشبة المسرح (ليل- نهار- شتاء- صيف...) كما يوحي بمكان الحدث (قصر- ملعب- قبو...).

يجب أن توظف الإضاءة المسرحية لخدمة العرض المسرحي بحيث تكون مناسبة للنص ورؤيته، ذلك أنّ الانبهار الذي يمكن للإضاءة أن تحققه على خشبة المسرح قد يشتّت المشاهد عن جوهر العمل، كما يجب ألا تكون أقل أثراً من بقية العناصر المسرحية لأنها بذلك تضعف أثر العرض في نفس المشاهد.

عناصر الإضاءة المسرحية ومكوناتها ومنظومات التحكم فيها



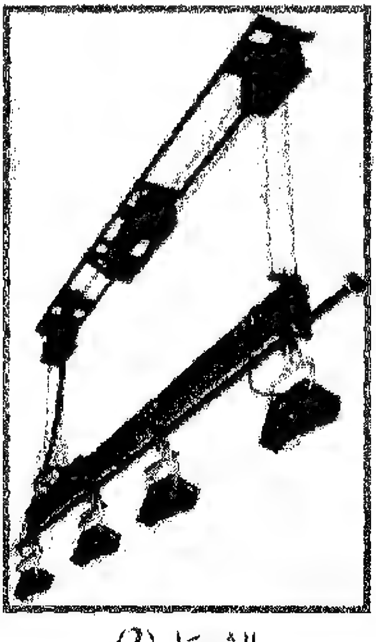
المخطط (1) R, S, T أطوار الكهرباء - N (Neutral)n الحيادي - E (Earth)n الأرضي

الشكل (1)

تتفاوت تجهيزات الإضاءة المسرحية في أنواعها وأشكالها، بحيث يتم تحديد الأنواع المطلوبة منها لتشكيل شبكة إضاءة مسرح ما بحسب أبعاد خشبة المسرح وأبعاد المسرح عموماً وارتفاع سقفه، والأغراض التي سيوظف المسرح لإنجازها، وتعد دور الأوبرا أهم المسارح التي تستدعي استخدام شبكات إضاءة كبيرة مزودة بتقنيات حديثة.

تتألف شبكة الإضاءة المسرحية أساساً من العناصر الآتية (حسب المخطط 1).

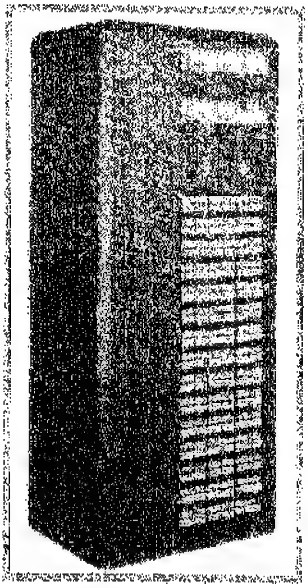
1- شبكة حوامل معدنية: (الشكل 1) هي شبكة معدنية معلقة إلى سقف المسرح وتغطي خشبته والقسم الأمامي من مقاعد الجمهور، وتختلف هذه الشبكة باختلاف ارتفاع سقف المسرح، ففي حال كان هذا السقف منخفضاً تكون الشبكة ثابتة، أما عندما يكون ارتفاعه يتجاوز الستة أمتار توجب أن تكون هذه الشبكة متحركة هبوطاً وارتفاعاً، وتكون حركتها إمّا يدوية بوساطة بكرات وعتلات وإما آلية بوساطة محركات صامتة (الشكل 2).



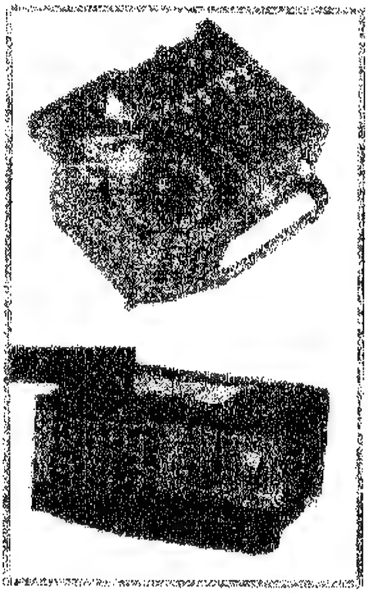
الشكل (2)

2- شبكة كهربائية: تتوزع مآخذها فوق خشبة المسرح وعلى الجدران الجانبية للخشبة وكذلك فوق الصفوف الأمامية لمقاعد المشاهدين، تتصل هذه المآخذ بكبلات كهربائية مناسبة إلى خزائن مخفتات شدة الإضاءة.

3- خزائن مخفتات شدة الإضاءة dimmers cabins (الشكل 3): تُغذى هذه الخزائن بالقدرة الكهربائية، وهي بدورها توزع هذه القدرة على الكبلات المغذية لمآخذ الشبكة الكهربائية وذلك عبر ما يسمى المجتزءات modules (الشكل 4)، هذه المجتزءات هي مخفتات شدة التيار التي كانت تعتمد سابقاً على مجموعة من المقاومات في أدائها لعملها، أما اليوم فهي تعتمد على العناصر الإلكترونية كالثايرستورات thyristors، وتحتوي على ملفات نحاسية لتخفيض الضجيج[1].



الشكل (3)



الشكل (4)

وتحتوي هذه الخزائن على ميزات إضافية كالتحكم بعملها محلياً أو عبر أجهزة اتصال بالأشعة تحت الحمراء، كما تحتوي على شاشة تظهر حالة عمل الخزائن والأعطال الطارئة، وتتفاوت الخزائن فيما بينها بحسب الشركات المصنعة والنماذج والأسعار والجودة مما يؤدي إلى فروقات كبيرة بين نوع وآخر في الأداء والجودة.

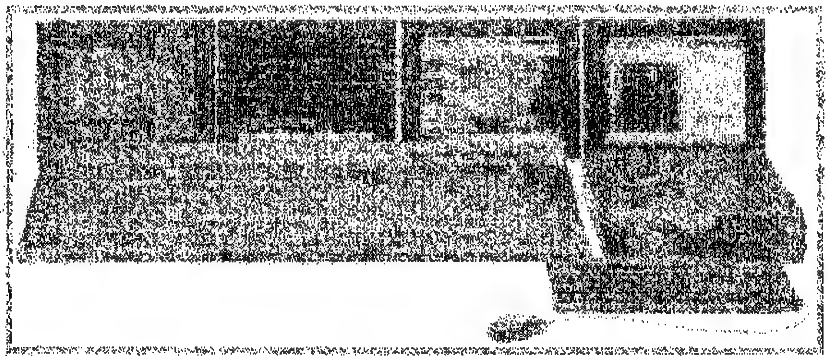
ويعدّ زمن ارتفاع التيار current rise time من أهم مؤشرات جودة عمل الخزائن، يقاس بالميكروثانية (μs)، وهوعلاقة ارتفاع شدة التيار وبالتالي شدة

(1) NEIL FRASER, Stage Lighting Design: A Practical Guide (Crowood Press 2000).

الإضاءة بالزمن، وكلما ارتفع هذا الزمن ازدادت نعومة ارتفاع شدة الإضاءة، وهو يراوح حالياً في الصناعات المعاصرة من: n100-800µs، وتتصل خزائن المخفتات هذه بكبلات تحكم مع وحدة تحكم قادرة على تشغيلها.

4- كبلات التحكم DMX cables: وهي الكبلات الواصلة بين خزائن المخفتات ولوحة مفاتيح التحكم.

5- وحدة التحكم dimmers control (الشكل 5): وهي حاسوب ذو برمجيات خاصة للتحكم بخزائن المخفتات وبالتالي بمنوار الإضاءة وتتفاوت إمكانات هذا الجهاز من نوع إلى آخر، بدءاً من التشغيل البسيط للتحكم بشدة الإضاءة وانتهاءً بالمؤثرات الخاصة كالبرق والنار وتوزيع المنوارات على مجموعات مختلفة تعمل وفق برامج زمنية محددة وبالتنسيق فيما بينها، كما يمكن لبعض أنواعها الاتصال بأجهزة الصوت لخلق مؤثرات ضوئية متناغمة مع الموسيقى وكثير من المهام والمؤثرات الأخرى، وله لوحة مفاتيح مناسبة.



الشكل (5)

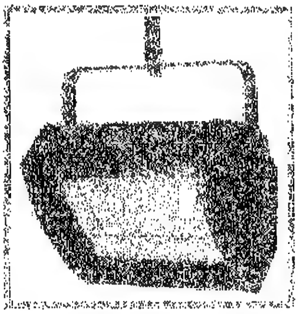
يمكن وصل كثير من الطرفيات بأجهزة التحكم المتطورة كالتي توصل بالحواسيب الشخصية (سواقات- شاشات- طابعة...)، وهذه الطرفيات ترفع من سوية وحدة التحكم، كما يمكن وصل جهاز تحكم احتياطي back up، كما تزود المسارح الحديثة والكبيرة بجهاز تحكم تصميمي محمول يوضع على خشبة المسرح لتسهيل تصميم إضاءة العرض أثناء الإعداد للمسرحية.

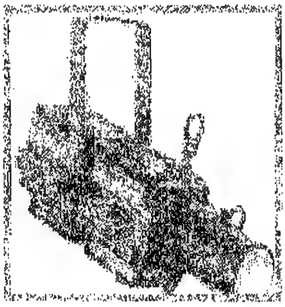
6- المنوارات: تتنوع المنوارات باختلاف وظائفها، ويمكن تقسيمها إلى الأنواع الآتية:

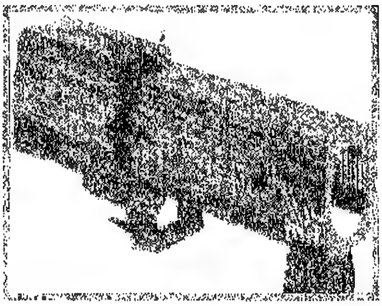
أ- منوارات الإضاءة العامة الغامرة flood (الشكل 6): وهي تعطي إضاءة ذات توزيع متجانس على خشبة المسرح من دون التركيز على بقعة معينة، وقد يكون عاكس "البروجكتور" المتوضع خلف "اللمبة" متناظراً أو غير متناظر.

ب- منوارات الإضاءة البؤرية profile zoom (الشكل 7): وهي "بروجكتورات" على شكل المدافع، وتزود بعدسات متحركة لتركيز الضوء على هدف ما على خشبة المسرح، ويوضع على الشبكة المعدنية ويعدل قبل العرض المسرحي ليكون جاهزاً حين وضعه في الخدمة لإضاءة هدف متفق عليه.

ج- أما النوع ذو البقعة الضوئية الملاحقة follow spot (ضوء النجوم) (الشكل 8) فيوضع في عمق المسرح فوق منصة الجمهور ويعمل عليه فني إضاءة يدوياً في أثناء العرض المسرحي فيقوم بملاحقة الممثلين المطلوب تركيز الضوء عليهم عند الحاجة.


الشكل (6)

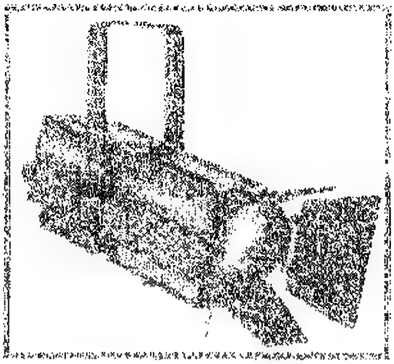

الشكل (7)

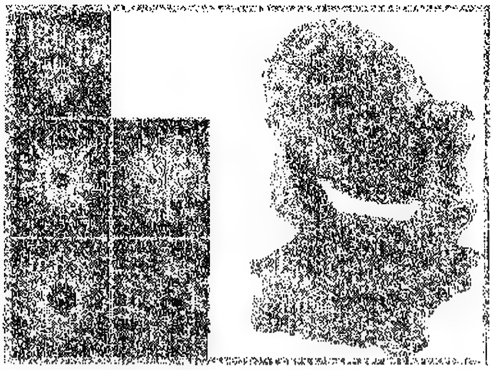

الشكل (8)

د- "برجكتورات" ذات عدسة واحدة من نوع يسمى فرنل وباستطاعات متنوعة (300- 500 - 1000- 2000- 5000 واط) (الشكل 9) مهمتها إضاءة كتل "الديكور" ووجوه الممثلين.

هـ- منوارات المؤثرات الخاصة (غيوم- مطر...): وهي منوارات مزودة بعدسات وأقراص محفور عليها الأشكال المرغوب في إسقاطها على خلفية المسرح، وهي إما أشكال متحركة وإما ثابتة.

و- منوار الرأس المتحرك moving head (الشكل 10): وهو من المنوارات الحديثة جداً التي بإمكانها الحركة في جميع الاتجاهات وإصدار حزم ضوئية متعددة الألوان، وتحوي أقراصاً تصدر أشكالاً متباينة[1].


الشكل (9)

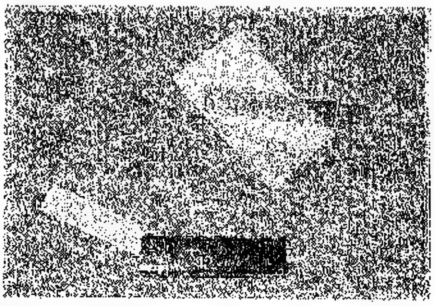

الشكل (10)

مسطرة: Ruler

المسطرة Ruler أداة تستخدم في الهندسة، والرسم الصناعي والهندسي، وتستخدم أيضاً في قياس المسافات ورسم الخطوط المستقيمة والمنحنية، وتستخدم بكثرة في أدوات القياس.

أنواعها:

تصنع المساطر من المواد المختلفة وبأبعاد متنوعة، فمنها المساطر الخشبية والبلاستيكية والمعدنية، وقد توضع حدود معدنية على المسطرة الخشبية لتقويتها وحمايتها من التآكل أثناء استخدامها في تحديد القطع المستقيم.


أنواع من المساطر

---

(1) الموسوعة العربية، أسامة كوكش، المجلد الثامن عشر، ص530، (بتصرف).

تم تعديل أدوات القياس المشابهة في عملها للمسطرة بطويها عدة طيات مثل مسطرة النجار، أو أن تلف داخل علبة عند الانتهاء من العمل مثل شريط القياس، وهي تستقيم عند إخراجها من العلبة، الصورة الجانبية لمسطرة النجار تظهر مسطرة بطول مترين يمكن أن تطوى إلى طول 24 سنتيمتر لتسهيل وضعها في الجيب، كما أن شريط القياس ذو طول 5 أمتار يمكن لفه بسهولة داخل علبة صغيرة لا تتجاوز أبعادها 5×5 سنتيمتر.

شريط القياس المرن المستخدم من قبل الخياطين، يمكن أن يدرج بالسنتيمتر والبوصة، ويستخدم في قياس محيط جسم صلب، مثل قياس محيط خصر الإنسان، بالإضافة إلى المسافات المستقيمة مثل طول ساق الإنسان[1].

المسكن: Domicile

المسكن domicile - house- residence هو المنشأة التي يأوي إليها الإنسان وعائلته للعيش، والاحتماء من عوامل الطبيعة، ولقضاء احتياجاته اليومية خارج نطاق عمله، ويستخدمه للراحة والنوم، وتحضير الطعام وتناوله، واللقاءات الأسرية والاجتماعية، وممارسة بعض النشاطات والهوايات الأدبية أو الفنية أو الرياضية أو الترفيهية أو الإنتاجية.

المسكن عبر التاريخ الإنساني:

تغيرت أنماط السكن وأساليبه وأشكاله واستخداماته عبر التاريخ الإنساني، وتطورت مع تطور مفاهيم الإنسان وثقافته وبيئته وعلومه وابتكاراته المتجددة.

1- العصر الحجري Stone Age:

أ- في العصر الحجري القديم الأسفل (قبل أكثر من مليون سنة)، سكن الإنسان المنتصب Homo erectus الكهوف التي استخدمها ملجأً، يقيه من

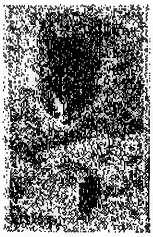
(1) ويكيبيديا، الموسوعة الحرة، (بتصرف).

العوامل الجوية القاسية، والحيوانات المفترسة (الشكل 1)، وترك دلائل تشير إلى أنه كان صياداً، واستمرت مرحلة سكن الكهوف في العصر الحجري بكامله.

ب- في العصر الحجري القديم (قبل 300 ألف سنة)، وجدت مخيمات تظهر أول أشكال الاستيطان الجماعي، مؤلفة من أكواخ بيضوية الشكل من الأغصان وجذوع الأشجار (الشكل2).

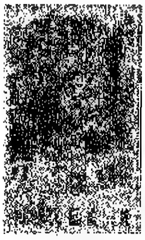
ج- تشير الدلائل إلى أن الإنسان أجرى تحسينات على الكهوف في العصر الحجري الأوسط القديم (قبل خمسين ألف سنة)، وقام بنحتها في الصخر، وخزّن فيها ما كان يجمعه من صيد وثمار، ومارس فيها طقوسه، وقد وجدت في سورية، في يبرود ومعلولا (الشكل 3) كهوف من صنع الإنسان فيها أدوات صوّانية، وكِسَر فخارية، وفي موقع المريبط عثر على بقايا منشآت سكنية، وأعمال ريّ تعود إلى أربعين ألف سنة خلت.

د- في العصر الحجري القديم الأعلى (قبل خمسة وثلاثين ألف سنة) ظهرت شواهد تدلّ على أن الإنسان بنى لنفسه أكواخاً من جذوع الأشجار وعظام الحيوانات، وغطّاها بالأغصان والأوراق وجلود الحيوانات (الشكل 4).



الشكل (1)

الشكل (2)



الشكل (3)

الشكل (4)

هـ- في العصرين الحجري الوسيط والحجري الحديث (قبل عشرة آلاف سنة) انتقل الإنسان إلى مرحلة الزراعة، وظهرت مستوطنات من بيوت منفردة من جذوع الأشجار والجلود، متجمعة بانتظام، وأحياناً تكون- على شكل سكن جماعي- مبنية من أعمدة خشبية وجذوع أشجار وأغصان، ومغطاة بالطين، تظهر أن الإنسان قد اقتنى الحيوان، ودجّنه، كما عمل بالزراعة.

2- عصر المدنية urbanism age:

أ- منذ الألف الرابعة قبل الميلاد بدأت تظهر أولى الحضارات في الأراضي الخصبة حول مجاري الأنهر في سورية الطبيعية، بدءاً من بلاد ما بين النهرين (دجلة والفرات) والعاصي وصولاً إلى وادي النيل، وظهر أول أشكال الاستيطان على شكل قرى ومدن، ظهرت معها الكتابة، وانتشرت علاقات التبادل التجاري، ونشأ مثل هذه الحضارات في وادي الهندوس في الألف الثالثة قبل الميلاد، وفي شانغ الصينية في الألف الثانية قبل الميلاد.

ب- مع بزوغ عصر الاكتشافات، والثورة العلمية والصناعية في أوائل القرن الخامس عشر الميلادي، تقدمت مظاهر العمران وأشكال السكن، فظهرت القصور والمباني العامة والدينية والمزارع والمصانع، وتطور المسكن نحو الشكل الأمثل الذي يحقق حاجات الإنسان.

أهم أشكال السكن:

تغيرت وظائف السكن، وتعددت أشكاله ومكوناته، في مسيرة التطور الحضاري والثقافي والبيئي، ويمكن تقسيم هذه الأشكال إلى:

1- السكن العمالي:

الغاية منه إنشاء مساكن مؤقتة أو دائمة للعاملين في مشروع معين حتى مرحلة الانتهاء منه، أو في فترة تشغيله واستثماره. ومن الأمثلة على ذلك مساكن العمال الذين بنوا أهرامات الجيزة في العصور الفرعونية، ومساكن العاملين في مدينة الثورة، عند بناء سد الثورة على نهر الفرات.

2- السكن العسكري:

الغاية منه تأمين المبيت للعسكريين أفراداً أو عائلات.

3- السكن البدوي:

هذا النوع تكيّف مع البيئة الرعوية الصحراوية، حيث تستثمر فيه الموارد المنتجة من شعر الماعز، وصوف الغنم والإبل مما يسهل فكه ونقله وإعادة تركيبه بما يتناسب مع تنقلات العشيرة، سعياً وراء المرعى والكلأ.

4- السكن الطلابي:

عادةً ما يتم إنشاؤه قريباً من المعاهد والجامعات، والمؤسسات التعليمية، لتأمين إقامة الطلاب والطالبات، في فترة دراستهم بعيداً عن مواطنهم الأصلية.

5- مساكن الشيخوخة والمصحّات:

الغاية منها إيواء العجزة، وذوي الاحتياجات الخاصة، الذين يتطلب وضعهم الصحي والاجتماعي رعاية خاصة.

6- السكن الريفي والزراعي:

يكون عادة بيوتاً منفصلة ضمن المزارع، أو قرى تتاخمها، وهي تلائم طبيعة عمل المُزارع واحتياجاته.

7- السكن الحضري في المدن والبلدات:

يشكل هذا النوع حالياً أكثر من 60٪ من أشكال السكن كافة، ويكون في تجمعات وأحياء سكنية تضم أشكالاً متعددة من البيوت والمباني، بحيث تتوفر معها الخدمات والمرافق العامة كافة، وفيها تأخذ المساكن والمباني السكنية أشكالاً مختلفة:

أ- مساكن منفصلة (فيلات) villas: مكونة من طابق واحد أو أكثر، تحيط بها عادة حديقة.

ب- مساكن طابقية multi floor: ضمن مبانٍ تتألف من عدة أدوار، يضم كل طابق شقتين أو أكثر، تحيط بها وجائب هي فسحات خضراء أو معبدة تفصلها عن المساكن المجاورة لتحقيق التهوية والإضاءة.

ج- المساكن المتصلة (الشريطية): وتكون فيها المباني السكنية متلاصقة، تتاخمها من الأمام والخلف وجيبتان، تفصلها عن الشارع والمباني المجاورة، وتتعدد مداخلها وأدوارها، بحيث يضم المدخل الواحد شقتين أو أكثر، ويصل ارتفاعها عادة إلى خمسة طوابق.

د- السكن البرجي: انتشر هذا النوع من السكن في المدن الكبرى، للاستفادة من الأرض مرتفعة الثمن، لإقامة أكبر عدد ممكن من المساكن، وتراوح ارتفاعاتها ما بين 8- 12 طابقاً، وقد تصل إلى أكثر من ذلك بكثير، في ما يعرف بناطحات السحاب، يضم الطابق الواحد عدداً من الشقق السكنية، تستخدم فيها المصاعد- إضافةً إلى السلالم- لغاية الانتقال الشاقولي.

هـ- السكن الترفيهي: هو مساكن صغيرة المساحة لقضاء العطلات في أماكن الاستجمام، مثل شاطئ البحر أو الجبال، وقد تكون قابلة للتنقل، محمولة على عربة، أو على شكل قارب yacht.

و- سكن القصور والأثرياء: ظهر هذا النموذج منذ زمن طويل، وتعددت أشكاله عبر التاريخ القديم والحديث، ولا يزال منتشراً إلى اليوم، ليشبع رغبات الميسورين، ويتناسب مع أسلوب حياتهم الاجتماعية، يغلب عليه أسلوب حب الظهور وإبراز المقدرة والثروة.

مكونات المسكن:

تختلف مكونات المسكن ومساحاته حسب طبيعة عمل القاطنين فيه، ومستواهم المادي والثقافي والعلمي، وعدد أفراد العائلة وأسلوب حياتهم، وفي كل الحالات يتوفر في المسكن: قسم نهاري يتضمن غرفة للمعيشة وأخرى للضيوف والمطبخ، وقسم ليلي يتضمن غرف النوم، إضافة إلى الشرفات والحمام، وتراوح عادةً مساحة المسكن الواحد بين 60- 250م^2 (في الشقق السكنية)، ويكون عادةً ارتفاع الغرف من 3- 5 م.

يراعى عند تصميم المسكن أن تتوزع الغرف بما يلائم الاتجاهات، فعادة تكون غرف النوم في الجهة الشرقية، لما لها من فائدة تتمثل بدخول أشعة الشمس الصباحية الغنية بالأشعة فوق البنفسجية ذات الدور التعقيمي، أما الغرف التي تصدر عنها روائح، مثل الحمامات والمطبخ، فتتوضّع في الجهة المعاكسة لتلك التي تتلقى الرياح السائدة، كيلا تنقل الروائح إلى باقي أجزاء المسكن.

ويجب أن تتميز غرف المعيشة بإطلالة مميزة مع تحاشي دخول أشعة الشمس الحادة إليها بعد الظهر، في الوقت الذي تشغل فيه هذه الغرف من قبل أفراد العائلة.

وتتوافر في الشرفات إمكانية التمتع بالطبيعة والتنوع في الإطلالة، وفي الاستفادة من فصول السنة وحركة الشمس ما بين الشتاء والصيف، بحيث يتم التمتع بشمس الشتاء، وتحاشي حرارة الصيف وشمسه.

1- قسم النوم:

يتألف من غرفة لنوم الوالدين بمساحة 15- 30م^2، وغرفة أو أكثر لنوم الأولاد، تضم سريراً أو أكثر بمساحة من 10- 20م^2، وأحياناً في المساكن الكبيرة تخصص غرفة أو أكثر لنوم الضيوف، وواحدة لنوم الخادمة أو البستاني.

2- الحمّامات:

يتم تخديم قسم النوم بحمام أو أكثر- تبعاً لعدد الغرف- بمساحة من 4- 10م^2.

3- قسم المعيشة والضيوف:

ويتألف من غرفة أو أكثر، قد تكون منفصلة بأبواب يمكن فتحها لاستعمالها فراغاً مشتركاً في الحفلات ومناسبات الاستضافة، وتكون مجهزة عادة بركن للطعام، وقد ينفصل ركن الطعام، ليشكل غرفة مستقلة، تكون في موقع يتوسط المطبخ وقسم المعيشة والضيوف.

يخصص لهذا القسم عادة مساحة تراوح بين 20- 40م^2.

4- قسم المطبخ وتحضير الطعام:

يخصص لهذا الغرض غرفة أو ركن لتحضير الطعام، قد يلحق به مستودع للمواد التموينية، والمساحة تراوح ما بين 15- 25م^2.

5- الشرفات terraces والبلكونات balconies:

تخصص لإتاحة الفرصة لقاطني السكن الجلوس خارج الجدران المغلقة للتمتع بالجو الخارجي، والإطلالة والمناظر الطبيعية وتحيط بالمسكن بأكثر من

جهة، للاستفادة من المناظر والجهات كافة، وتكون الشرفة الرئيسية متصلة بغرفة المعيشة.

6- الملحقات:

هناك العديد من الخدمات والمرافق الملحقة بالسكن، وهي تتوافر حسب طبيعة المسكن، وحجمه ومدى الحاجة إليها.

أ- غرفة الغسيل: لحفظ الثياب المتسخة وغسيلها وتجفيفها.

ب- غرفة البياضات linen room: لحفظ البياضات الشتوية والصيفية.

ج- المستودع: لحفظ المؤونة وعدة الإصلاح، وتجهيزات العناية بالحديقة.

د- المرآب garage: يتسع عادة لسيارة أو سيارتين لكل شقة سكنية، ويُبنى عادة تحت البنية الحديثة.

هـ- غرفة التجهيزات equipments room: تضم تجهيزات التبريد والتدفئة، وخزان المازوت الذي يمكن أن يكون منفصلاً ومطموراً في الحديقة بجوار الغرفة.

و- الحدائق والوجائب: تكون محيطة بالمسكن، لزراعة الورود ونباتات الزينة، والأشجار المثمرة، والأسيجة النباتية.

7- الأنظمة الكهربائية والميكانيكية والصحية

electrical, mechanical & sanitary systems

تتوافر في المسكن شبكات وتجهيزات مختلفة لخدمة المسكن، وتزويده بمياه الخدمة الباردة والساخنة، ومياه الشرب، وأيضاً تزويده بالقدرة الكهربائية والإنارة، ووسائل الاتصال (الهاتف والإنترنت) والمراقبة والإنذار، وكذلك لتدفئته وتهويته وتبريده حسب الحاجة في مختلف فصول السنة.

8- المفروشات والتجهيزات:

تتنوع المفروشات حسب أنواع السكن المختلفة، وحسب توضّعها في أقسام المسكن، وطبيعة استخدامها والحاجة إليها.

مواد بناء المسكن:

تغيرت أشكال البناء، وتعددت المواد المستخدمة في إنشاء المسكن عبر العصور، ومع التطور والتقدم العلمي والتكنولوجي، وتم اختيار مواد البناء من المتوفر في البيئة ويلائمها، وبما يناسب ظروف استخدام المسكن وطبيعة القاطنين فيه.

ففي العصور الحجرية، سكن الإنسان المغاور ضمن الصخور، وحسّنها، لا بل قام بنحتها، كما أنه استخدم جذوع الأشجار وأغصانها وأوراقها في بناء مسكنه.

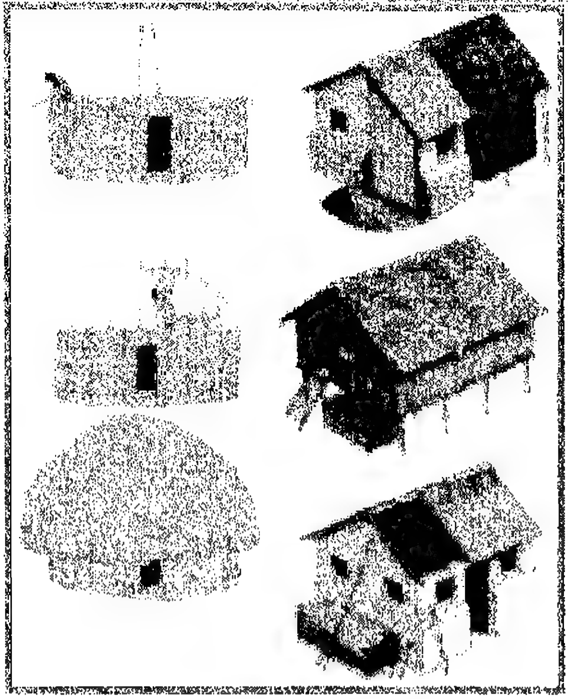
واستثمر الاسكيمو الثلج والفراء في بناء مساكنهم مستفيدين من توافره وعازليّته، كما استثمر البدو الشعر والصوف والجلود، لإنشاء خيم سكناهم، القابلة للفك والتركيب، مع حاجتهم للترحال.

ومع بدء المدنية والاستقرار البشري بدأ الإنسان يبني مساكنه بالحجر والطين، أو بالطوب clay bricks النيئ أو المشوي، أو من الخشب، واستخدم في الأسقف جذوع الأشجار والأغصان والطين، وسرعان ما اكتشف إنشاء القوس arch، والقبّة dome والقبوة vault، مستخدماً في بنائها الحجارة المنحوتة التي تتماسك بالاحتكاك بين سطوحها المتماسة، كحلول ذكية للسقوف، ولا تزال شواهدها حية إلى اليوم.

ومع بزوغ فجر الصناعة والاكتشافات العلمية والمخترعات، عرف الإنسان صناعة الإسمنت والفولاذ، مما شكل قفزة نوعية في مواد الإنشاء وطرائقه، إذ استخدمها في إنشاء المساكن في أواخر القرن التاسع عشر مما شكّل علامة فارقة في تبدّل طريقة الإنشاء التي كانت سائدة وانحسارها.

- إنشاء المسكن قبل عصر الخرسانة **concrete**:

قبل اكتشاف الخرسانة- التي هي خليط من الإسمنت والحصويات والرمل والماء التي تسلّح أحياناً بقضبان من الفولاذ- كان إنشاء المسكن يعتمد على المصادر المحلية (الشكل 5)، ويحقق الشروط الصحية، ويوفر مستلزمات الحياة الاجتماعية والظروف البيئية من عزل للحرارة والرطوبة والضجيج.



الشكل (5)

أ- في أساسات foundation البناء تستخدم رَكّة من الحجر، مع خلطة من الرمل والحجر المطحون والجير (الطين الكلسي).

ب- في الجدران، استُخدِم الحجر المنحوت أو الغشيم، مع الطين الكلسي، أو من جذوع الأشجار على شكل شبكة شاقولية وأفقية، تتخللها مداميك من الطين المجفف أو المشوي، المُصنع من تربة غُضارية مخلوطة بالتِّبن على شكل قوالب.

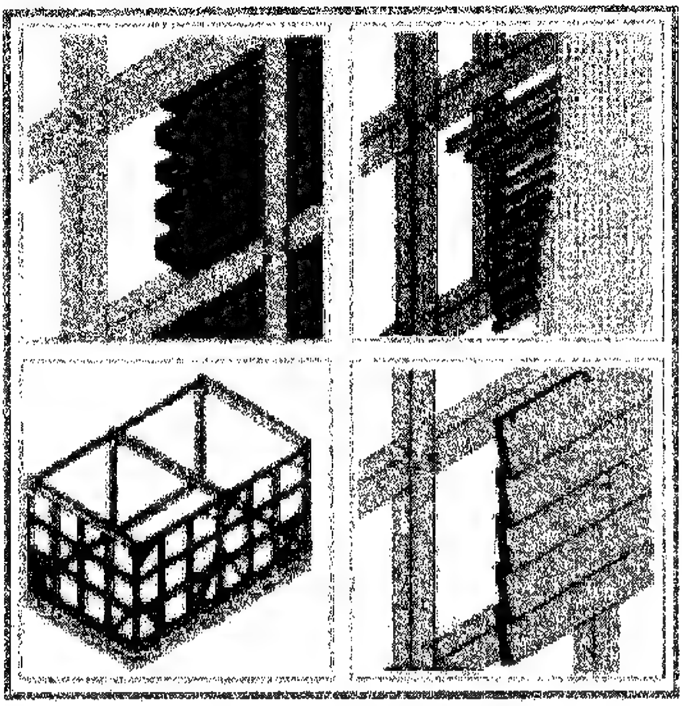
ج- في الأسقف، استُخدِمت جذوع الأشجار مع ألواح خشبية تُغطّى بالطينة الغُضارية، المخلوطة بالقشّ والألياف الخشبية.

وقد تُستخدَم العقود والقبب الحجرية أو الخشبية، في إنشاء الهيكل الأساسي للسقف، وتغطى بالتراب مع الطينة الغضارية.

د- استُخدِم الكِلْس- المُصنّع من شَيِّ الحجارة الكلسية- المطفأ بالماء، والمخلوط بالرمل الطبيعي أو المطحون، مادةً رابطة لقِطَع الحجارة المستخدمة في البناء، كما استُخدِمت طبقة نهائية ملساء على الجدران أو السقوف أو السطوح.

- إنشاء المسكن الحالي:

تتنوع وسائل الإنشاء ومواده بين بلد وآخر، وبين منطقة وأخرى، ففي البلدان التي تتوافر فيها الأخشاب إحدى الصناعات الرئيسية، يشاد هيكل المسكن من الخشب، كما هي الحال في أوروبا وأمريكا الشمالية واليابان (الشكل 6).



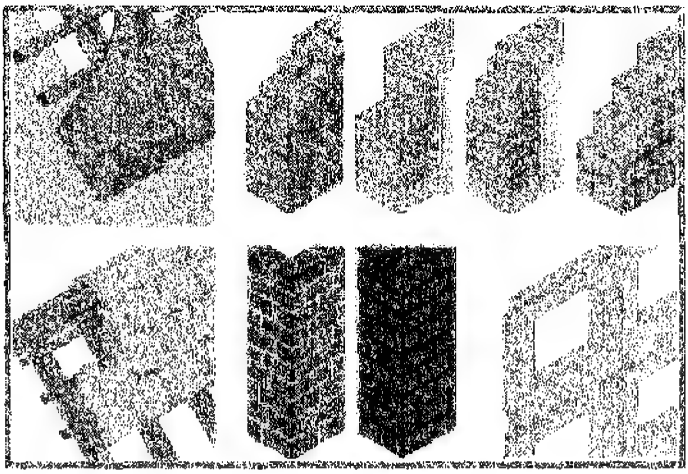
الشكل (6)

وفي المباني السكنية العالية يكون الفولاذ steel هو العنصر الأساسي المستخدم في إنشاء هيكل هذه المباني.

وفي المنطقة العربية عموماً يستخدم الحجر والخرسانة عنصرين أساسيين في إنشاء هيكل المسكن، وتتنوع مواد البناء ومصادرها، وتختلف بين منطقة وأخرى، وبين الريف والمدينة، وحسب الارتفاع وعدد الأدوار في المبنى السكني كما يأتي:

أ- الأساسات: تستخدم عادة الخرسانة العادية والمسلحة، وأحياناً تستخدم الرّكة الحجرية المرصوفة برابط من المونة الخرسانية، ونادراً ما تستخدم الأوتاد المعدنية أو الخرسانية التي يقتصر استخدامها في أساسات المباني العالية، وفي الترب ضعيفة التحمّل.

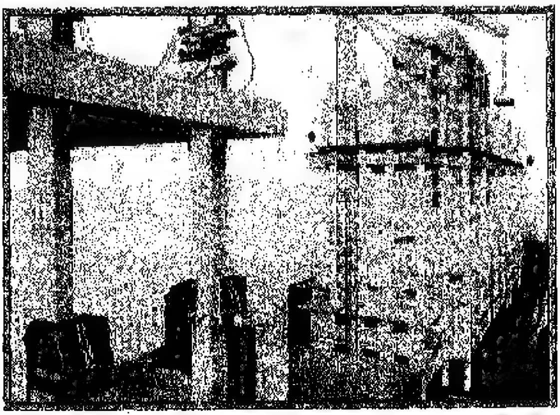
ب- الجدران: يستخدم في بناء الجدران العديد من المواد الإنشائية، مثل البلوك الإسمنتي cement blocks والحجر المُقَصَّب، والحجر المنحوت والحجر المغموس في الخرسانة، وكذلك الطابوق الغُضاري المشوي (الشكل 7).



الشكل (7)

تكسى الجدران من الداخل والخارج بالطينة الإسمنتية cement plaster، ويستخدم الرخام والحجر في إكسائها من الخارج، وقد تكسى من الداخل بالألواح الخشبية أو السيراميك أو الرخام، وعادةً ما تدهن فوق الطينة الإسمنتية بأنواع مختلفة من الدهان مثل المائي emulsion paint أو الزيتي oil paint.

ج- الأعمدة والأسقف: تشكل الخرسانة المسلحة reinforced concrete العنصر الأساسي لإنشاء الأعمدة والأسقف (الشكل 8)، وقد يدخل البلوك الإسمنتي المفرغ (hollow cement blocks/هوردي) مع الخرسانة في الأسقف، ليشكل عنصراً عازلاً للحرارة والصوت.



الشكل (8)

تغطى الأسقف من الداخل بالطينة الإسمنتية، وتُنهى بأي نوع من أنواع الدهانات المختلفة.

كما قد تغطى بأسقف مستعارة false ceiling ببلاطات أو شرائح من الجصّ gypsum board أو من البلاطات العازلة للصوت والحرارة أو الألواح الخشبية.

د- الأرضيات: تُكسى الأرضيات بأنواع مختلفة من مواد الإكساء، فالبلاط الإسمنتي terrazzo tiles على وسادة رملية هو النوع الأكثر شيوعاً، كما يستخدم السيراميك والرخام المُلمَّع وخشب الباركيه parquet floor.

هـ- مواد العزل insulation materials: وهي على نوعين رئيسيين، مواد عازلة للرطوبة، وصادّة لرشح المياه، ومواد عازلة للحرارة والصوت.

تُعزل الأساسات والأرضيات والسطوح بالدهان الإسفلتي أو برقائق مطاطية أو إسفلتية bituminous لمنع تسرب المياه الجوفية، ورَشْح مياه الأمطار.

وتُعزل الجدران والسطوح بحَشْوات عازلة للحرارة والصوت، برقائق من الفايبر الزجاجي أو الصخري أو بـ"الفوم" foam، مثل الستيروبور أو البولي أوراتان polyurethane

تنهى السطوح المائلة بسقف خشبي أو خرساني مغطى بالقرميد الفُخاري المشوي، أو بصفائح عازلة مصنعة من مواد لدائنية.

و- الأماكن الرطبة: تُكسى الأرضيات والجدران وأحياناً الأسقف، للفراغات الرطبة- مثل المطبخ والحمامات، ودورات المياه وغرف الغسيل- بالسيراميك والبورسلين المُصنَّع من الفُخار المشوي والمطلي بطبقة زجاجية.

ز- الفتحات: تُصنع الأبواب والنوافذ الخارجية من الخشب أو الألمنيوم، مع ألواح زجاجية، وأحياناً تُصنع من عناصر وصفائح معدنية.

ح- الشبكات: عموماً تستخدم الأنابيب الفولاذية للتغذية بالمياه الباردة والساخنة، والأنابيب اللدائنية P.V.C لمياه الصرف الصحي والمطري.

الآفاق المستقبلية للسكن:

كما كان للثورة العلمية والصناعية - منذ أوائل القرن الخامس عشر - التأثير البارز في تحديد أشكال السكن، ونظريات ومبادئ التصميم، وأسلوب الإنشاء، فإن التطور والتبدلات الهائلة التي طرأت على البشرية - وعلى كوكبنا الأرضي - في النصف الثاني من القرن المنصرم، ولا تزال تتسارع باطّراد كبير، سوف تؤدي دوراً بارزاً في تحديد الآفاق المستقبلية للمسكن، وترسم معالم جديدة في مجال تخطيط المدن، وتوزع المساكن وأشكالها، وحصة الفرد من رقعة البناء، وحجم العائلة والمسكن، وعلاقته بالطبيعة وحمايته، وكذلك المواد الإنشائية للمسكن ومواد الإكساء والعزل، والمفروشات والتجهيزات، ونظم الطاقة واستثمارها مع الأخذ بالحسبان ما يأتي:

1- الانفجار السكاني الذي زاد من تعداد البشرية في نصف قرن فقط - بما يعادل الزيادة التي طرأت في نصف مليون عام على قاطني الكوكب.
2- بزوغ عصر المعلومات والاتصالات بحيث أصبحت البشرية قرية واحدة.
3- تطور تكنولوجيا العلوم والمواد وخصائصها، كأنابيب الكربون النانوية فائقة المتانة.
4- الاستغلال المكثّف وغير العقلاني لمصادر الطاقة والأراضي الزراعية والغابات.
5- التلوث البيئي الهائل، وبروز ثقب الأوزون واتساعه الذي وصل إلى حد اللارجعة[1].

المسلخ : Slaughterhouse

المسلخ slaughterhouse هو المكان المخصص لذبح الحيوان وسلخه وتجويفه، ثم توريده بشكل لحوم ومنتجات غذائية أو صناعية أخرى إلى مخازن الحفظ بالتجميد أو إلى الأسواق.

(1) الموسوعة العربية، غسان جبور، المجلد الثامن عشر، ص576، (بتصرف).

وهو مؤسسة متكاملة يتم فيها جميع مراحل الذبح والسلخ والتجويف والتبريد والتصنيع، تأتي أهميته من كونه يوفر اللحوم السليمة والخالية من الأمراض والصالحة لغذاء الإنسان، ومن ثم فإن المسلخ هو مكان مجهز فنياً يدخل فيه الحيوان حياً من جهة ويخرج من الجهة الأخرى وقد ذبح وسلخ بعد أن كُشف عليه طبياً وصُرّح بأنه صالح للاستهلاك البشري، وتتخلل هذه المراحل مهامّ وعمليات سُخرت كلها من أجل سلامة المستهلك وصحته.

ضرورة إنشاء المسلخ:

1- ضرورة قانونية: تحتم القوانين في معظم البلدان إنشاء مسالخ خاصة تتوافر فيها الشروط الصحية.

2- ضرورة صحية وبيئية:

أ- توفير اللحوم للإنسان على نحو سليم وصحي، ومن ثم وقايته من الأمراض التي يمكن أن تنتقل إليه عن طريقها.

ب- المحافظة على نظافة البيئة والصحة العامة، بحيث يتم التخلص الصحي من مخلفات المسلخ وملوثات البيئة الناتجة منه، والاستفادة من المنتجات الثانوية في صناعات أخرى، لذلك يجب أن يكون للمسلخ مكان محدد وشروط صحية خاصة، تُنفذ فيه الشروط الصحية للذبائح واللحوم والمنتجات، وطرائق تقطيعها وإعدادها، ويُدرب العمال فيه على النظافة والترتيب في العمل.

3- ضرورة اقتصادية: تنشأ المسالخ للاستفادة منها اقتصادياً وصحياً ومن اللحوم ذات النوعية الجيدة وكذلك من مخلفات الذبائح، مثل الدم ومحتويات المعدة والأمعاء والعظام بدلاً من رميها في المجاري المائية أو في التربة أو غيرها[1].

(1) Livestock (Including Poultry) at Slaughtering Establishments (Abattoirs, Slaughter-houses and Knackeries): Model Code of Practice for the Welfare of Animals: SCARM Report 79 (Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand CSIRO Publishing 2001).

الأعمال الرئيسة في المسالخ:

- الكشف على الحيوانات قبل الذبح لاكتشاف الأمراض المعدية والوبائية بغية السيطرة على الأمراض المشتركة بين الحيوان والإنسان.
- حجز الحيوانات المشتبه بها لإجراء بعض الفحوص الصحية الضرورية للتأكد من سلامتها.
- إتلاف اللحوم غير الصالحة للاستهلاك البشري أو الأعضاء المريضة التي يسبب تداولها واستهلاكها الإصابة بالأمراض.
- تطبيق الأحكام الشرعية بالذبح في البلدان الإسلامية وغيرها.
- التخلص من الذبائح والأعضاء والحيوانات المصابة والنافقة بطرائق صحية وسليمة للحد من التلوث.

لمحة تاريخية:

تعود عملية ذبح الحيوانات من أجل الحصول على لحومها إلى عصور قديمة جداً، وهذا ما تؤكده الاكتشافات والمستحاثات حيث كان يستفاد من لحوم عدد من الأنواع الحيوانية منذ القدم.

عند المصريين القدماء: كان يتم إخضاع اللحوم- ولاسيما المقدمة للآلهة - لتفتيش يقوم به رئيس الجزارين، وقد عرفوا نظام المسلخ (غرف خاصة بالذبح وتعليق الذبيحة) إلى جانب تقديس البقر، وتجارة الغنم، وتحريم تجارة الخنزير وأكله (نجس)، وتجفيف اللحم وطبخ الدم.

في عام 1276م أنشئ مسلخ وملحقاته في مدينة أوغسبورغ Augsburg في ألمانيا، وفي القرن الثامن عشر حدث تطور مهم في مجال إنشاء المسالخ وطرائق الذبح، وخاصة في فرنسا، إذ كان يتوجب فحص الذبائح وإقرار صلاحيتها للبيع، وفي عهد نابليون الأول حددت الشروط الصحية لإنشاء المسالخ، وكان ذلك في عام 1807 حيث تم بناء مسلخ في باريس، ثم أنشئت مسالخ في مدن فرنسية عدة، كما

انتشرت المسالخ في النمسا وسويسرا وغيرها من البلدان الأوروبية منذ النصف الثاني من القرن التاسع عشر.

وفي بداية القرن العشرين تطورت المسالخ تطوراً ملحوظاً، واستعملت أدوات مختلفة في تنفيذ أعمال نقل الحيوانات إليها وذبحها وفحص لحوم الذبائح ومخلفاتها الثانوية.

وفي عام 1910 أصبح التفتيش البيطري على اللحوم في المسالخ في الولايات المتحدة الأمريكية إلزامياً، وانتقل ذلك إلى أوروبا والدولة العثمانية وغيرها، مما استلزم توجيه اهتمام بالغ لشؤون إنشاء المسالخ المختلفة وشروطها الصحية، وسُنَّت قوانين وأنظمة محلية ودولية تهتم بصحة اللحوم وغيرها من المنتجات الحيوانية، كما تم تأسيس منظمات ومؤسسات صحية إقليمية ودولية تهتم بهذه الأمور، وتُعنى في الوقت ذاته بالمحافظة على سلامة البيئة.

أقسام المسلخ وتجهيزاته:

1- أقسام أساسية: من أهمها: مكان استقبال الحيوانات والزرائب وممرات الحيوانات، وصالة الذبح حسب نوع الحيوان، وغرف التبريد والتجميد، وصالة توزيع اللحوم.

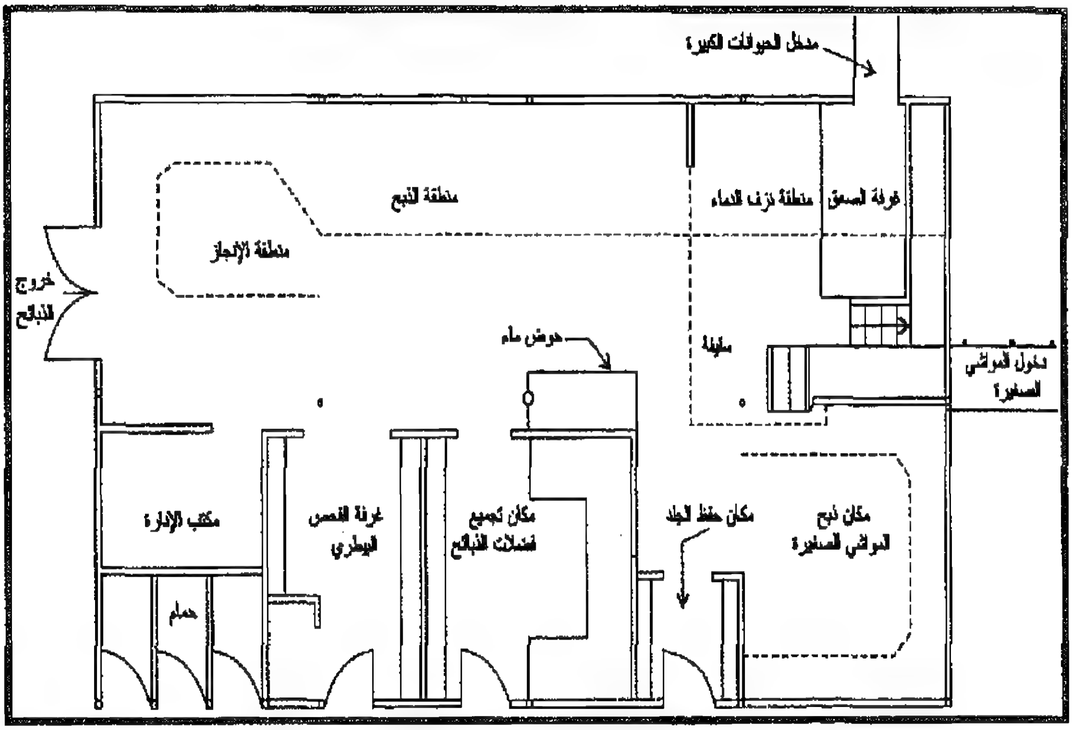
2- أقسام ثانوية مهمة مثل صالة الذبح الاضطراري، وغرفة تجميع محتويات الجهاز الهضمي وغرفة الجلود، وغرفة تجميع الوبر وغرفة تجميع الدم ومعالجته، وغرفة تنظيف بعض أجزاء الجهاز الهضمي وتصنيعها وغرفة تجميع الأظلاف، وغرفة تجميع الدهن ومعالجته وتصنيع مخلفات الذبح الاضطراري والاستفادة منها ومعدات التنظيف.

3- تجهيزات العمل: مثل وحدات تسخين المياه وتجهيزات المراجل وإعداد البخار وغرف التبريد، وقاعات الأدوات والتجهيزات الكهربائية، ومصادر مياه الشرب ومياه التنظيف.

4- قاعات أخرى: المغاسل والحمامات وغرف الطعام والطبابة وغيرها.

صالات المسلخ:

صالة الحظائر: يتم حجز الحيوانات فيها قبل الذبح لإجراء الكشف البيطري الظاهري عليها والتأكد من سلامتها وخلوها من الأمراض وموانع الذبح، ويراعى في تصميم الحظائر كل وسائل الرعاية التامة بالحيوانات ونظافتها (الشكل 1).



الشكل (1) مسقط أفقي يبين أقسام مسلخ حديث للحيوانات

صالات الذبح: يخصص لكل نوع من الحيوانات صالة خاصة يتم تجهيزها بمواصفات معينة.

صالة السلخ والتجويف: يُراعى في تصميمها أن تتم فيها مراحل السلخ في وضع التعليق وتوفير مسافات بين خطاطيف التعليق، وتحريك الذبائح في المسالخ الكبيرة آلياً، ويراعى أيضاً في تصميم خطوط السلخ المسافة بين تعليق الذبائح ومستوى الأرض، وذلك لتقليل التلوث إلى حد كبير، والحرص على سلخ الجلود بشكل جيد للاستفادة منها اقتصادياً.

الشكل (2) أخذ عينات من الذبائح للفحص البيطري

صالة الفحص البيطري: وفيها يقوم الطبيب البيطري الذي يعد الركيزة الأساسية في المسلخ بفحص دقيق على أجزاء الذبيحة والتأكد من سلامتها (الشكل 2).

صالة الإتلافات: تكون في أحد أطراف المسلخ، وهي واسعة ومزودة بالصرف الجيد والحاويات المختلفة، ويتم إغلاقها بإحكام لمنع تسرب مخلفات الذبائح والأجزاء المتلفة.

صالة التبريد والتجميد: وتستخدم لحفظ الذبائح بعد ذبحها مباشرة (الشكل 3)، وذلك لإتمام عملية التيبس على الوجه الأكمل حيث تراوح درجة الحرارة فيها بين 1- 4°م ورطوبة نسبية نحو 85٪، وقد يحتوي بعض المسالخ الكبيرة على قاعات كبيرة لتجميد الذبائح وحفظها ريثما يتم بيعها.

المختبر: يتم تجهيزه لإجراء جميع الفحوصات الضرورية[1].

تصنيف أنواع المسالخ:

تصنف المسالخ حسب الآتي:

أ- الهدف من المنتج وكيفية البيع ونوعيته:

1- مسالخ للاستهلاك المحلي: يتم فيها ذبح الحيوانات لبيع لحومها إلى المنطقة والمدينة نفسها.

(1) Standard Design for Small, Seale Modular Slaughterhouse (FAO 1988).

2- مسالخ للتصدير: لها شروط خاصة حيث تصدر منتجاتها إلى مدن أخرى أو دول أخرى وتحت إشراف وشروط صحية خاصة.

3- مسالخ للتصنيع: حيث يتم تحويل جزء من اللحوم أو كلها إلى منتجات مختلفة.

الشكل (3- أ) صالة حفظ الذبائح

الشكل (3- ب) تقطيع الذبائح

ب- تبعيتها:

1- مسالخ تابعة للقطاع العام.

2- مسالخ خاصة: تُشاد بتمويل القطاع الخاص.

ج- أسلوب العمل:

1- العمل الفردي: وهي مسالخ صغيرة يقوم العامل فيها بجميع العمليات وحده (ذبح، سلخ، تجويف).

2- العمل المتخصص: في المسالخ الكبيرة حيث يقوم كل عامل بجزء خاص من مراحل عمليات الذبح وما يليها.

اختيار موقع المسلخ:

يمكن أن يلحق المسلخ ضرراً بالصحة العامة والبيئة، لذا يجب أن يكون موقعه بعيداً عن المناطق السكنية، وفي جهة لا تهب الرياح منه باتجاه المدن أو القرى القريبة منه؛ وأن يكون قريباً من المواصلات والطرق العامة التي تصله بمراكز الاستهلاك وبالمزارع والمداجن، وتتوافر فيه طرق داخلية جيدة، ويحسن أن يكون قريباً من إحدى السكك الحديدية لتسهل عملية النقل والتوريد والتصدير، بعيداً

عن مصادر المياه العامة لمنع تلويثها ، ويفضل أن تُزرع نباتات وأشجار وحدائق حول مبنى المسلخ. •

كما يتطلب المسلخ توفير الإشراف الصحي البيطري الدقيق على البناء والحيوانات والذبائح، وحصر أذونات الدخول إلى المسلخ بالعمال والفنيين والإداريين العاملين فيه، وخضوعهم لفحوصات صحية دورية، وتوفير أقصى درجات النظافة ومنع تلوث البيئة ضمن المسلخ وما حوله(1).

مصمم إنشائي : Structural Designer

المصمم الإنشائي هو الشخص الذي يكون ذو قدرة عالية على التحليل الإنشائي وتوزيع الأحمال الحية والميتة والمركبة، ويكون ذا إلمام كبير بالمواد الإنشائية بمختلف أنواعها، ابتداء من الركام الخشن والناعم وحديد التسليح وقالب الخرسانة وكل شيء متعلق بالمنشأ.

المصمم الإنشائي هو الشخص الذي يحدد ارتفاع المنشأ لأنه يعتمد على عمق الأسس وعرضها وتسليحها، وغيرها من الأمور المتعلقة بصلب التصميم، وعلى عدد الأعمدة وكذلك على توزيع حديد التسليح وغيرها من الأمور التي تودي إلى تصميم إنشائي متكامل(2).

مضمار السيارات : Autodrome

مضمار السيارات auto drome، هو المكان الذي تُقام فيه رياضة سباق السيارات بأنواعها، أو رياضة السرعة، وهي رياضة خطرة، تبرز فيها موهبة المتسابق ومهارته في قيادة السيارة، إضافة إلى كفاءة السيارة، ويكون عبارة عن مسارات مُقامة للسباق خصوصاً، وتتخللها أحياناً الطرق العامة، ويكون المضمار مُعبّداً بكامله أو تتناوب فيه الطرق الإسفلتية والترابية أو الرملية أو الوعرة، وأحياناً الجليدية.

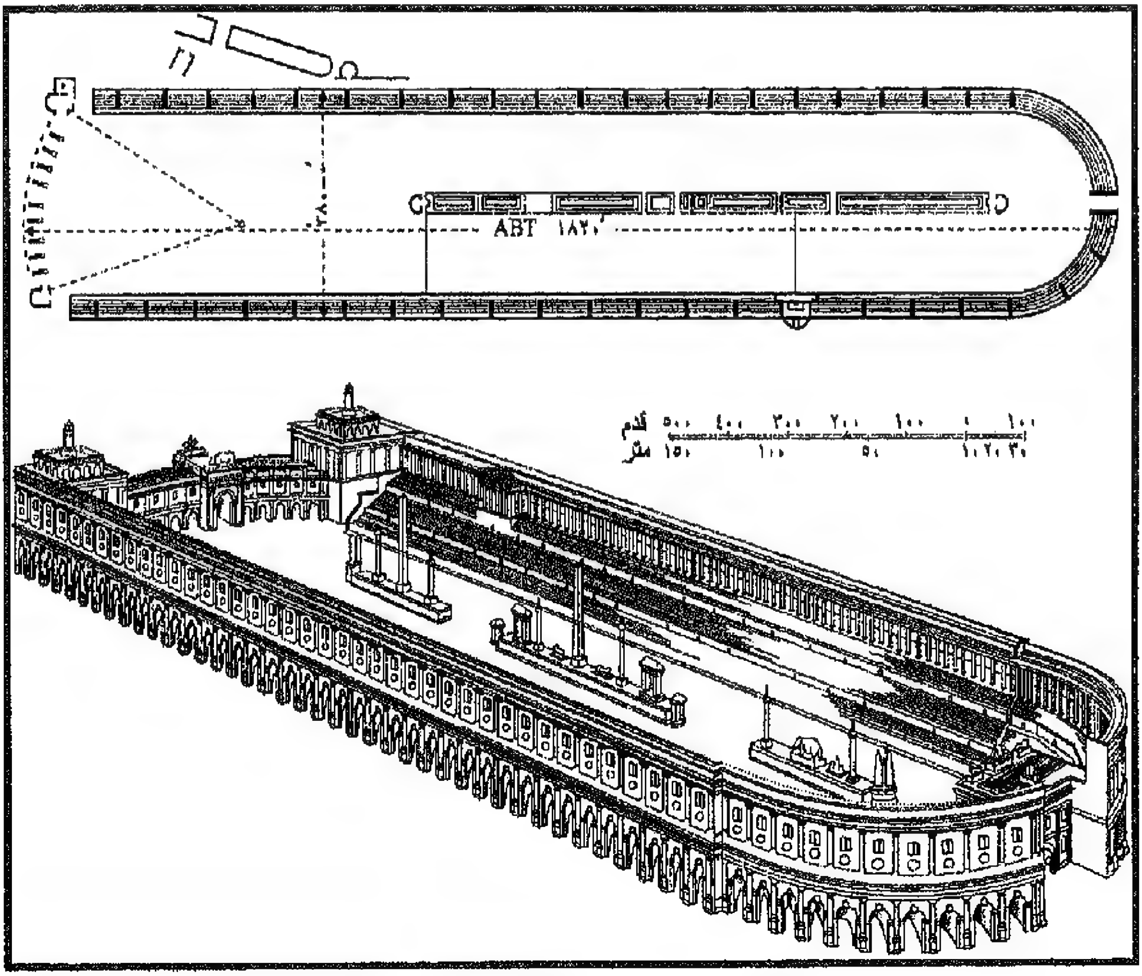
(1) الموسوعة العربية، عبد العزيز عروانة، المجلد الثامن عشر، ص587، (بتصرف).

(2) ويكيبيديا، الموسوعة الحرة، (بتصرف).

وينظم هذه السباقات الاتحاد الدولي لرياضة السيارات الـ FIA الذي تأسس عام 1904، كسباق الفورمولا Formula Racing وبطولة العالم للراليات، وسباق ربع الميل وغيرها من أنواع السباقات.

لمحة تاريخية:

أقام الإغريق المضمار على سفوح التلال، ومارسوا فيه سباق العربات والخيول، وكانت إحدى نهايتيه نصف دائرية والأخرى مستقيمة تنتهي برواق، وأشهر الميادين الإغريقية مضمار القسطنطينية Costantinople عاصمة الإمبراطورية البيزنطية، المبني نحو 203م، والمُسمى اليوم ساحة السلطان أحمد في إسطنبول بتركيا.



الشكل (1) مضمار مكسيموس في روما

ثم أخذ الرومان عنهم هذه الرياضة، ومن أهم المضامير الرومانية مضمار مكسيموس The Circus Maximus في روما (الشكل 1)، وهو بطول 600م وعرض 200م، وسعة 250000 مشاهد، وتأخذ مضامير السباق الرومانية شكل حرف U، ولكن النهاية العلوية للحرف مغلقة، وتلتف حول مسارات السباق صفوف مقاعد حجرية لجلوس الجمهور.

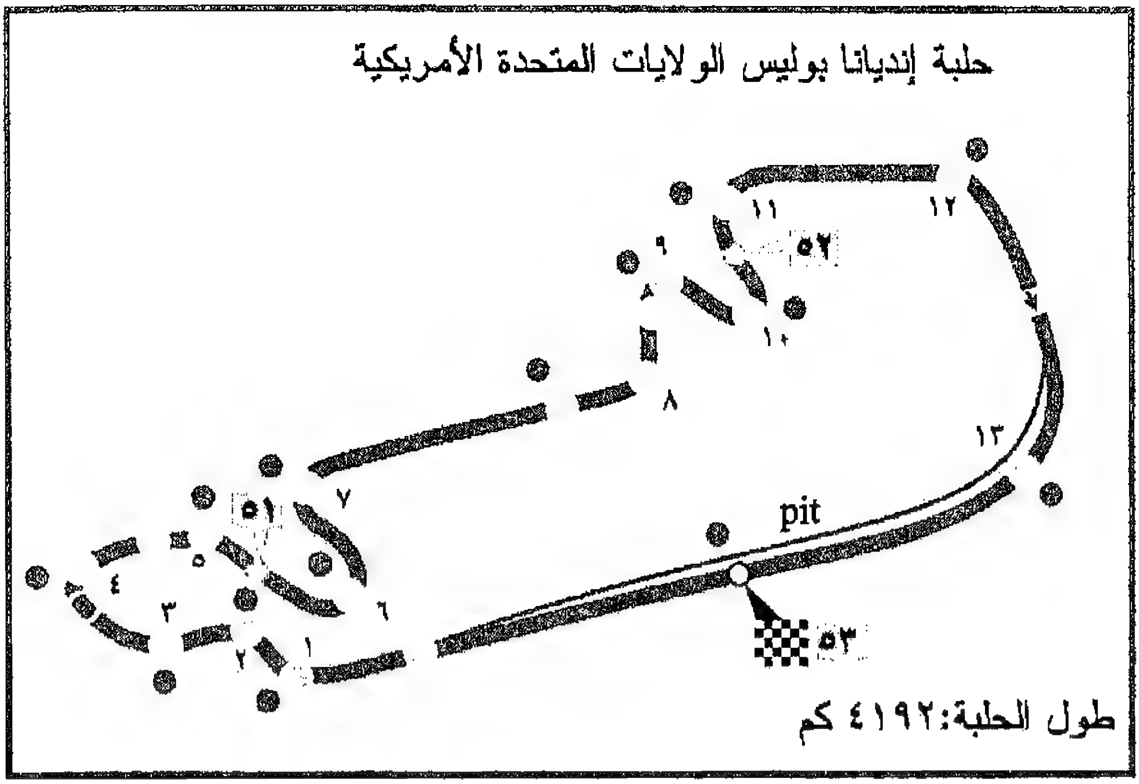
ومع التطور العلمي والتقني حلّت السيارة محل العربة وسيلة نقل في الحياة اليومية، وكذلك في مضامير السباقات الرياضية، وقد بدأت رياضة سباق السيارات عام 1890، وأُقيمت أوائل السباقات في طرق مفتوحة تربط بين المدن، وكانت معظمها مرتفعة وحادّة وغير مرصوفة، تصعب فيها إمكانية السيطرة على السيارة، مما يؤدي إلى وقوع حوادث خطيرة.

ويُعد نادي السيارات الفرنسية المؤسس عام 1895 أول منظمة عالمية أشرفت على أول سباق سيارات، الذي كان ذهاباً وعودة بين مدينتي باريس وبوردو في فرنسا بمسافة نحو 1200كم، وكانت سرعة الفائز بالسباق 24 كم/ساعة، كما كان يتم تمييز السيارات المشاركة على أساس طريقة الدفع وهي الوقود أو البخار، وعدد المقاعد، وبعد ذلك اهتم الاتحاد الدولي لرياضة السيارات بإيجاد القوانين التي تضمن سلامة السائق والمتفرج، وأقيم أول سباق في بطولة العالم في الفورمولا واحد في سيلفرستون Silverstone في بريطانيا عام 1950.

ثم أُنشئت حلبات مخصصة لإقامة السباقات، حيث فرض الاتحاد الدولي لرياضة السيارات شروطاً قاسية في تصميم الحلبة، وطولها وعرضها، وسطحها، ومادة إكسائها، وشروط الأمان والسلامة فيها، إضافة إلى ما تتضمنه من معدّات وتسهيلات، كما تقوم لجنة سلامة الحلبات بتدشين الحلبة بعد موافقتها على جودة مواصفاتها، ويُشترط القيام بالصيانة الدورية لها قبل كل سباق.

أنواع المضامير:

هنالك نوعان أساسيان لمضامير سباق السيارات، هما:



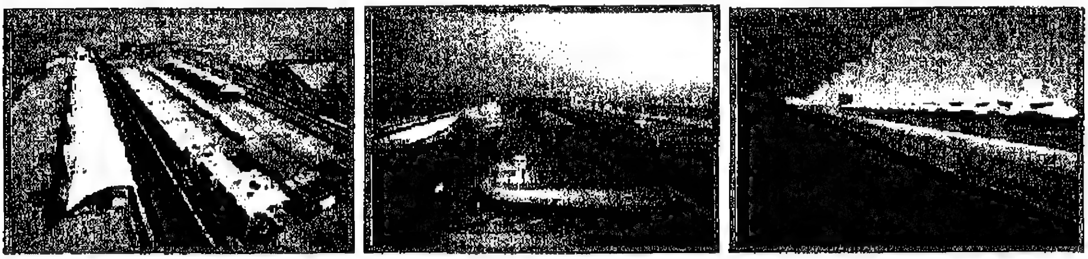
الشكل (2) حلبة إنديانا بوليس- الولايات المتحدة الأمريكية طول الحلبة 4.192كم

- المضمار البيضوي: وهو مضمار إسفلتي تتخلله أحياناً أقسام ترابية، يحتوي طرقاً مستقيمة تنحدر عند المنحنيات، وليس له طول محدد، إذ يراوح طوله من 0.4 كم إلى نحو 4 كم، ومن أهم هذه المضامير المضمار الذي يُقام عليه سباق "إنديانا بوليس 500" Indianapolis 500، (الشكل 2) المشابه لسباقات الفورمولا من حيث مواصفات السيارات المشاركة، وكذلك تُقام عليه سباقات الـ Stock، وهو السباق الأكثر شعبية في الولايات المتحدة الأمريكية، وتشترك فيه الشاحنات الأمريكية إلى جانب السيارات العادية، وتكون محركات هذه السيارات في المقدمة[1].
- حلبة سباق الطرق: وهي أشبه بطرق المدينة، تحتوي على طرق مستقيمة ومرتفعات ومنحنيات عديدة، بعضها أُطلق عليه تسميات معينة مثل (ملتوٍ، منعطف حاد) hairpin, dogleg، ويتضمن بعض هذه الحلبات جزءاً من

(1) CHARLES D. COLLINS, Autodrome: The Lost Race Circuits of Europe (Veloce Publishing 2005).

الطرق العامة أو المضمار البيضوي، ويقام على هذا النوع من المضامير سباق الفورمولا، وسباق السيارات الرياضية.

وفي مضامير السباق كافة توجد منطقة تُسمى "بيت" Pit (الشكلان 2 و6) يحصل فيها المتسابقون على الخدمات الضرورية في أثناء عملية السباق، كتبديل الإطارات والتزوُّد بالوقود، وهي عمليات تستغرق بضع ثوانٍ نظراً لأهمية الوقت في السباق، وقد كانت الحلبات تميل إلى كونها سريعة مع سحبات طويلة، ومع تطور أداء السيارات أُدخلت عليها بعض المنعطفات للحدّ من السرعة الزائدة.



الأشكال (3، 4، 5) حلبة البحرين الدولية

ومن الأمثلة على الحلبات حلبة البحرين الدولية، (الأشكال 3 و4 و5) المخصصة لسباقات الفورمولا واحد، وقد بلغت كلفتها 150 مليون دولار أمريكي، تقع الحلبة في منطقة الصخير جنوبي البحرين، وقد قامت بإنشائها شركة تيلكيه العالمية وشركة سيباركو البحرين بالتعاون مع شركة "دبليو سي تي WCT" الماليزية للهندسة، وهي مشادة على أرض مساحتها مليون وسبعمائة ألف متر مربع، وتتسع لأربعين ألف متفرج.

وقد تمت مراعاة الطابع المعماري البحريني والعربي في التصميم الهندسي، واستوحى المصمم المعماري التغطية من أشكال الخيمة الصحراوية، وهي مؤلفة من خمس حلبات مختلفة، وأبنية الخدمات وأبنية الجمهور.

كما تُعدّ حلبة إسبانيا Spain لسباق الفورمولا واحد، (الشكل 6) الواقعة شمالي برشلونة، في منطقة كتالونيا Catalan من أفضل الحلبات الحديثة من ناحية التصميم، حيث إنَّ المصمم أخذ في الحسبان إمكانية مشاهدة المتفرج للتجاوز،

الأمر الذي يستهوي عشاق هذه الرياضة أكثر من متابعة العرض، وفيها منعطفات حادّة، ومساحات واسعة مرصوفة بالحصى لإبطاء سرعة المنحرفين عن المسار.

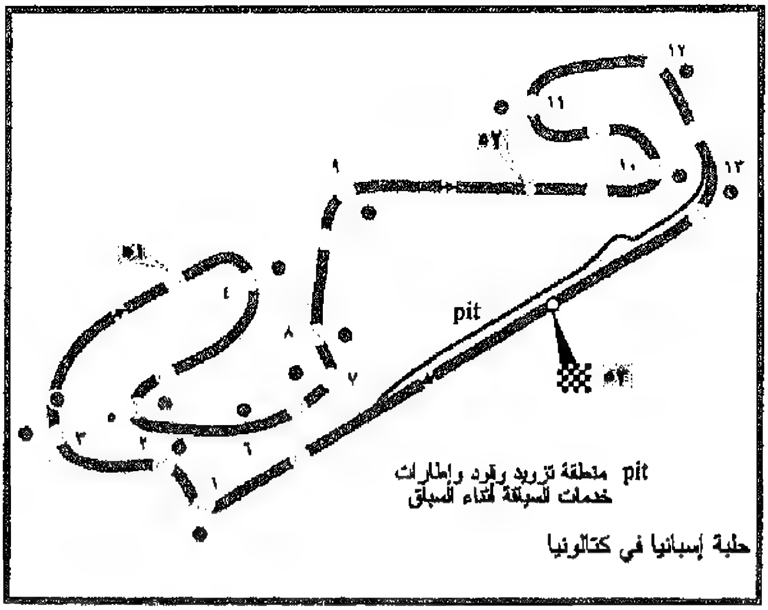
ومن الحلبات حلبة ريمز Reims التي يبلغ طولها 8.301 كم، والتي يبلغ طول حلبة التجربة فيها 7.152 كم، وحلبة مونزا Monza في إيطاليا، (الشكل 7) التي يبلغ طول منصة السباق فيها 4.25 كم، وعرضها الأدنى 9 م.

وأحياناً تكون المنعطفات حادة وخطيرة في بعض الحلبات، مما يؤدي إلى وقوع حوادث خطيرة، فيتم تعديل تلك الحلبات، كما في حلبة "وودكوت" التي شهدت حوادث انزلاق ودوران لسيارات في سباق عام 1973 ، فأضيف مقطع متعرج فيها قبل سباق سنة 1975 ، وأُعيد بناء الحلبة عام 1991 ، وأُضيفت إليها تعديلات كبيرة عام 1994.

وتُعد حلبة سوزوكا Suzuka اليابانية (الشكل 8) من أصعب الحلبات العالمية، وهي مصممة بشكل رقم (8)، وتتضمن مزيجاً متنوعاً من الزوايا السريعة والبطيئة، والتجاوز فيها يكاد يكون مستحيلاً، ولاسيما بعد تضييق المقطع المتعرج قبل موقع الحفر سنة 1991 مما أفسد فرصة التجاوز في نهاية الطريق المستقيم الرئيسي.

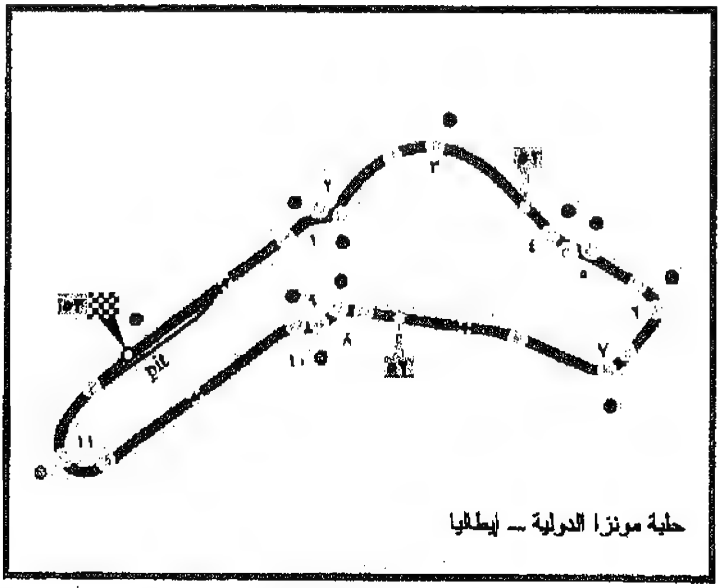
كما يُعد مضمار دبي أوتودروم الذي افتُتح عام 2004 أول مضمار متكامل لسباق السيارات الرياضية في المنطقة، يشمل حلبة للسيارات بطول 5.39كم و6 مضامير مختلفة، ومدرسة تعليم القيادة والسباقات، وهو مكان ملائم لإجراء التجارب وتطوير نماذج السيارات وطرح المنتجات، وإجراء أبحاث عن قيادة السيارات في الطقس الحار.

على الرغم من وجود الحلبات المصممة وفق أحدث النسب والمعايير الهندسية التي توفر الخدمات للمتسابقين والجمهور، فإن السباقات التي تُقام في شوارع المدن تتميز بالشعبية والمشاركة الجماهيرية أكثر من السباقات المُقامة على الحلبات، ومن أشهر هذه السباقات سباق موناكو.



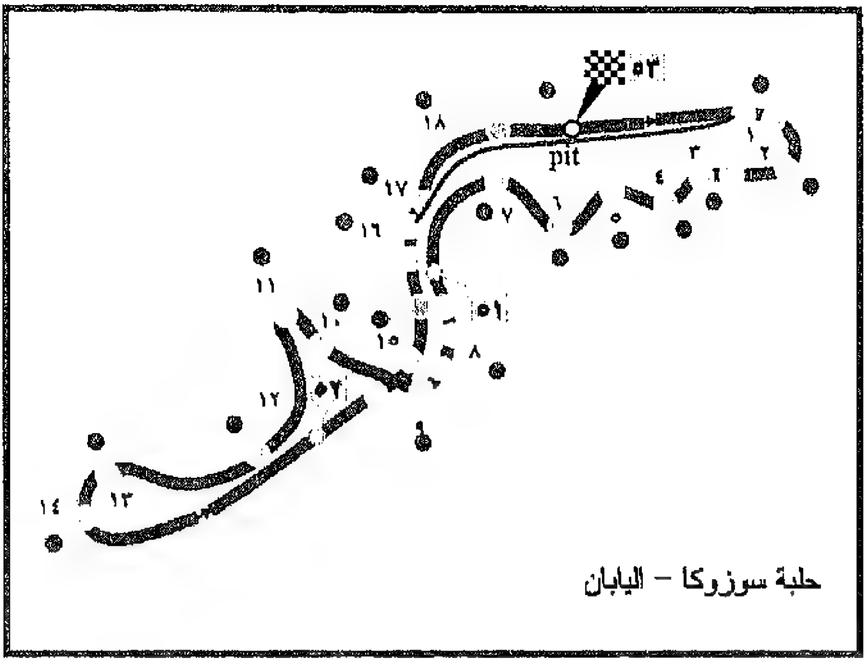
الشكل (6)

برز مهندسون متخصصون بتصميم الحلبات، كالمصمم الألماني الشهير هِرْمَن تيلِكه Hermann Tilke الذي صمم حلبة تركيا ذات الأربعة عشر منعطفاً، والواقعة على بعد 80- 90كم من وسط إسطنبول، إضافة إلى حلبتي البحرين والصين الجديدتين[1].



الشكل (7)

(1) BRUCE JONES, Formula One Encyclopedia (Carlton Publishing Group 2002).



الشكل (8)

تطور المضمار وعلاقته بتطور السيارات:

في البداية تميزت السباقات ببساطتها نتيجةً لضعف مكابح السيارة أو فراملها، وصعوبة السيطرة عليها والتحكم بها في طرق معظمها غير مرصوفة وحادّة، وتتعرض لرياح شديدة، ثم استفاد مصممو السيارات من التقدم التقني، فعملوا على زيادة قدرة السيارات مما ضاعف سرعتها، كما تنافس المصممون ومصنّعو السيارات لتطوير سيارات السباق.

في خمسينيات القرن العشرين تطورت صناعة السيارات تطوراً هائلاً من حيث المحركات والشكل الانسيابي ونوعية الإطارات والمواد المستخدمة فيها، مع أخذ عامل الأمان بالحسبان، الأمر الذي أدى إلى زيادة سرعة السيارات إلى حدّ كبير، وقد انعكس ذلك بصورة مباشرة على تصميم حلبات السباق، إذ أصبحت هنالك مسارات متعرجة في المضمار عند بعض المنعطفات للتخفيف من سرعة السيارات، كما أنّ شدة تموج الحلبة تحتاج إلى قدرة ومهارة عاليين في الاستجابة والتحكم بالسيارة في شتى الظروف، كما تطرح المنعطفات الضيقة مشاكلات خطيرة لأجهزة السرعة.

كذلك فرض الاتحاد العالمي لرياضة السيارات شروطاً ومعايير متعلقة بتصنيع السيارة تؤخذ فيها مواصفات الأمان القياسية، والتلوث البيئي بالحسبان، كوجود الأحزمة، واستخدام خزانات الوقود المضادة للتسرب، والبنزين الخالي من الرصاص.

تُصنَّف السيارات المشاركة في السباق إلى مجموعات مثل (أ) A و(ن) N وغيرها.. فالسيارة المنتمية للمجموعة A، هي التي تُصنَّع، وتُسوَّق في المصانع التي تنتج سيارات مخصصة للمشاركة في بطولة السباقات العالمية، أو السباقات القوية، وهي باهظة الثمن، وذات تجهيزات عالية الجودة، وهي مجال للتنافس بين مُصنعي السيارات، أما سيارات المجموعة N فيمكن لأيّ شخص شراؤها من أيّ معرض سيارات، والقيام بتجهيزها بنفسه.

أبنية الخدمات:

يشارك السائقون والمصنِّعون في رياضة سباق السيارات بإشراف حُكام دوليين، إضافة إلى فريق ذي اختصاصات متعددة، كالمختصين في احتساب الزمن والبث إلى الشاشات الإلكترونية الموجودة على طول مسار الحلبة، والفريق الطبي، والمسعفين، ومكافحي النيران، وفرق الإنقاذ، وفرق التزويد بالوقود، والميكانيكيين، إضافة إلى الفنيين والإداريين.

وهؤلاء جميعاً يتوزعون ميدانياً على مسار الحلبة، وهنالك أبنية متخصصة للخدمات كأقسام الشؤون الإدارية والاستقبال، والمراكز الطبية ومراكز الإسعاف، كما أصبحت المراكز الإعلامية الصحافية ومراكز البث التلفزيوني والإذاعي للصحافة المحلية والعالمية من الأبنية الخدمية الأساسية الموجودة إلى جانب الحلبة.

كما تتطلب عمليات الصيانة أو التدخل في حالات الطوارئ في أثناء السباق وجود أنفاق تحت الحلبة لنقل المشاة والآليات، إضافة إلى توافر المرآب اللازم للوصول السهل إلى أماكن السباق، وبعض الحلبات تتضمن مهبطاً لطائرة، كما توجد أبنية

مخصصة لإقامة الفرق الرياضية المشاركة، ومراكز تجميع المعلومات التقنية الخاصة بالسيارات المشاركة.

أبنية الجمهور:

إلى جانب المضمار الذي يجري فيه السباق، هنالك أماكن لعدة آلاف من المشاهدين، إضافة إلى وجود الفنادق وأماكن الاستضافة وإقامة كبار الضيوف، إلى جانب مراكز المبيعات والتسوق من مطاعم ومقاهٍ وأماكن الاستراحة وبيع التذكاريات، والمباني الخاصة بالشؤون الإدارية والاستقبال.

وتشهد أبنية الخدمات وأبنية الجمهور تطوراً كبيراً مرتبطاً بشعبية هذه الرياضة التي أصبحت من الموارد الاقتصادية المهمّة في بعض الدول، كما بدأت بلدان الشرق الأوسط تتطلع إليها بجدّية[1].

المطار: Airport

المطار airport أو الميناء الجوي، هو أي منشأة تُستخدم لإقلاع الطائرات وهبوطها، وكحدٍّ أدنى يجب أن يتألف المطار من مدرج واحد runway للإقلاع والهبوط، والعناصر الأخرى المكونة لأجزائه والتي هي حظائر الطائرات hangars وأبنية محطة المسافرين terminal buildings والبضائع، وتختلف أعداد المدارج والمحطات في المطار تبعاً لدرجة الخدمات فيه.

لمحة تاريخية:

في البداية، أُقيمت حقول الطيران للتسلية، وكانت عبارة عن حقول عشبية، وحظائر لتخزين الطائرات وتخديمها، ومنصات للمتفرجين، ثم استعاضوا عن الحقول العشبية بالمساحات المغطاة بالرمال، وصولاً إلى سطوح من الخرسانة تسمح بالهبوط في جميع الأحوال الجوية.

---

(1) الموسوعة العربية، ماريان صفائي، المجلد الثامن عشر، ص847، (بتصرف).

أدت زيادة الملاحة الجوية، في الحرب العالمية الأولى، إلى بناء مهابط نظامية، وبعد الحرب تم افتتاح مطار كرويدون Croydon Airport في جنوب لندن عام 1922، وكان أول مطار دولي في العالم.

أما أول مطار دائم ضم محطة لنقل البضائع التجارية فهو مطار كوينغسبرغ بألمانيا Königsberg، حيث استخدمت المدارج المبلطّة، مما سمح بالطيران الليلي وبهبوط الطائرات الثقيلة، وبعد الحرب العالمية الثانية، أصبح تصميم المطار أكثر تعقيداً، وعموماً ارتبط تقدم المطارات من حيث شكل البناء والتجهيزات بالتقدم التكنولوجي في المجالات كافة، ويمكن القول إن بناء المطارات قد ازدهر في فترة الستينات من القرن العشرين، وذلك لزيادة حركة الملاحة الجوية، كما ظهر التطور التقني في الخدمات التي يوفرها المطار للمسافرين والطائرات معاً، فبعد أن كانت الطائرة تقترب من المدرج بأي زاوية شريطة أن يتم قدومها باتجاه الريح في أولى المطارات، أصبحت المطارات تقدم للطائرات خدمات التوجيه للاقتراب والتحدر والهبوط الآمن، وذلك بوساطة أبراج المراقبة، وتقنيات المحطات اللاسلكية والرادارات.

كما أدخلت الاستخدامات المتعددة للإنارة، سواء التزيينية أو الإرشادية التي تستخدم أضواء نموذجية standard من حيث الألوان وفترات السطوع، وهي أضواء إرشادية يستدل بوساطتها الطيار إلى أماكن مدارج الإقلاع والهبوط، ومدارج الطائرة taxiways، وغيرها من الأماكن.

أما المسافرون فقد أُدخلت خدمات كثيرة لتوفير راحتهم، فأصبحت المطارات الحالية أشبه بمراكز تجارية صغيرة، إضافة إلى احتوائها على المطاعم المتنوعة ومراكز تبديل العملات وغيرها من الخدمات، وتبعاً لإحصائية عام 2005، فإنه يوجد نحو خمسين ألف مطار في العالم، منها 19815 مطاراً في الولايات المتحدة الأمريكية.

أنواع المطارات وأقسامها:

تقسم المطارات من حيث أنواعها إلى: مطارات مدنية لنقل المسافرين والبضائع، ومطارات عسكرية لنقل الجنود والعتاد الحربي، ومطارات الطيران الشراعي، وهي مطارات للتسلية وممارسة هواية الطيران.

أقسام المطار: يقسم المطار إلى منشآت أرضية ومجالات حركة الطائرات.

المنشآت الأرضية: تتضمن أبنية محطة الانتظار واستراحة المسافرين، الخدمات الملحقة بهذه المحطة، مراقبة الجوازات، قسم الأمتعة، مواقف السيارات والحافلات للمسافرين، مواقف سيارات الموظفين، المحاور الطرقية، إضافة إلى أماكن إقامة لركاب الترانزيت، وقاعة شرف لاستقبال كبار الشخصيات، والمكاتب الإدارية، ومقرات الخبراء والعمال التقنيين.

مجالات حركة الطائرات: هي جميع المساحات المتاحة للطائرة كالمنحدرات ومدارج الإقلاع والهبوط وحظائر الطائرات وأبراج المراقبة.

وفي المطارات كافة، تخضع المحاور الواصلة ما بين المساحات الأرضية والجوية لمراقبة شديدة.

محطة الركاب وخدماتها وتنوع تصميمها:

أسهم التطور العلمي المذهل، وسرعة الاتصالات، والتقدم الصناعي للطائرات، في تطور محطات الركاب terminals، والمحطة عموماً هي عبارة عن بناء بالمطار، يتألف من فراغ أو قاعة انتظار واستراحة ضخمة للمسافرين، وتتضمن المطارات الكبرى عدة محطات للركاب.

تتضمن المحطة الخدمات كافة التي يحتاجها المسافر، كشراء بطاقات السفر، وتوفير عربات نقل الأمتعة، وأماكن إيداعها، ومحلات البيع وخدمات الطعام، وغيرها، ففي المطارات العالمية الكبرى، تبدو المحطة من الداخل وكأنها مراكز تسوق تجارية، حيث توجد فيها فروع لمعظم سلاسل المطاعم والمحال التجارية المعروفة، إضافة إلى وجود كوات لصرف العملات، وفرع بريدي، ومكاتب حجز فندقي وتأجير سيارات، كما يمكن للمسافر شراء المنتجات من دون الخضوع للضرائب الجمركية.

تتميز المحطات في المطارات الصغرى، ببساطة التصميم، وهي عبارة عن بناء طويل ضيق، تصطف الطائرات فيه على الجانبين، وإحدى جهاته متصلة بفراغ الأمتعة والوزن.

أما المطارات الدولية الكبرى، ففيها أكثر من محطة، إضافة إلى محطة ملحقة satellite terminal أو أكثر، وهي عبارة عن بناء منفصل عن باقي أبنية المطار، تستطيع الطائرات الاصطفاف حول محيطه الداخلي، وأول مطار استخدم المحطة الملحقة هو مطار غاتويك Gatwick في لندن وفيه المحطة دائرية الشكل.

الشكل (1) مطار إنشيون الدولي في كوريا الجنوبية

اعتمدت بعض المطارات النموذج نصف الدائري semicircular للمحطات الملحقة، حيث تتوقف الطائرات على أحد الأطراف، والسيارات على الطرف الآخر (الشكل1).

حركة المسافرين في المطار:

تكون معظم المطارات الكبرى في العالم قريبة من خطوط السكك الحديدية، كما تمتلك أحياناً قطارات خاصة بها، وقطارات أنفاق وأنظمة نقل مختلفة أخرى، وتتصل وسائل النقل هذه مباشرة بالمحطة الرئيسية للمطار.

كما أن معظم المطارات الكبرى ترتبط "بالأوتوسترادات" بمحاور طرقية، وقد تكون هذه المحاور حلقية الشكل، وبمناسيب مختلفة، وذلك عند وجود منسوب للمغادرين ومنسوب آخر للقادمين[1].

(1) ALEXANDER T. WELLS & SETH YOUNG, Airport Planning & Management (McGraw-Hill Professional 2003).

يخضع المسافرون في المطارات لمراقبة أمنية تختلف شدتها حسب أمكنة تواجدهم، ففي المساحات الأرضية تكون هذه المراقبة محدودة، حيث يستطيع المسافر التنقل بحرية ضمن الفعاليات الخدماتية في قاعات الانتظار من محلات تجارية ومطاعم وغيرها من الخدمات.

ولكن بمجرد توجه المسافر إلى المساحات الجوية في المطار، عبر بوابات gates مؤدية إلى الطائرة، فإنه يخضع لمراقبة أمنية شديدة، تتضمن التفتيش، والمرور عبر الماسح الضوئي الكاشف للمعادن، ومراقبة الجوازات.

وتختلف طرق وصول المسافر إلى الطائرة بعد تجاوزه بوابة التفتيش، كانت المحطات القديمة في المطارات مفتوحة مباشرة على أرض مفروشة بالبحص والقير حيث يستطيع المسافر الوصول إلى الطائرة إما سيراً على الأقدام أو بوساطة حافلة نقل، ولا يزال هذا التصميم شائعاً في المطارات الصغيرة.

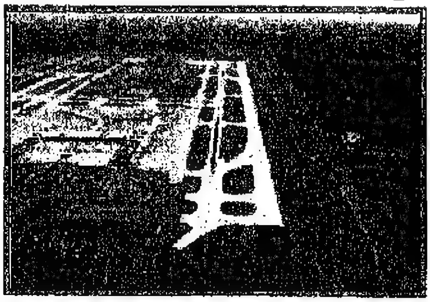
وتختلف حركة المسافر والمسافة التي يجتازها من حاجز المراقبة والتفتيش إلى البوابة المؤدية إلى الطائرة تبعاً لتصميم المحطة، ولكن مع التقدم التقني الحالي استُخدمت الأدراج الكهربائية والبساط الآلي المتحرك في معظم المطارات، لضمان سهولة حركة المسافر وسرعة وصوله، وفي المطارات الكبرى ترتبط قاعات الانتظار العديدة فيها، بالمحطة، عبر ممرات walkways، أو أنفاق مشاة underground pedestrian tunnel، أو عبر جسور علوية skybridges ويُعدّ مطار تامبا Tampa الدولي في الولايات المتحدة الأمريكية، أول مطار استخدم المحرك "الأوتوماتيكي" للأشخاص automatic people mover، كما تمّ استخدام هذه التقنية في العديد من المطارات الدولية الكبرى.

أمّا حركة قدوم المسافر من الطائرة إلى المحطة، فتتم بإنزال المسافرين وأمتعتهم بالقرب من المحطة، في مكان يُسمى المنحدر، حيث يتوجهون منه إلى المحطة، عبر بوابات يخضعون خلالها للتفتيش الأمني ومراقبة الجوازات، في حين يقوم الفريق المسؤول عن الأمتعة بضمان نقل أمتعتهم وصولاً إلى قاعة الانتظار، عبر محرك آلي، وعموماً تخضع المطارات لمقاييس أمان عالية على صعيد الأبنية والآليات والأجهزة التي يتضمنها، وعلى صعيد مراقبة حركة المسافرين.

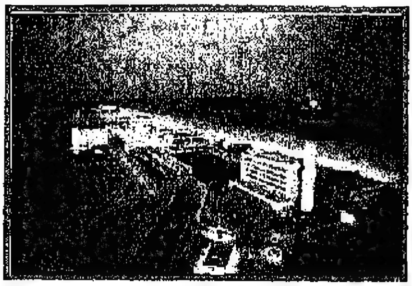
مدارج ومهابط الطائرات ومواقفها:

المَدْرَج runway ببساطة هو أرض جرداء في المطار، تُقلِع منها الطائرة وتهبط، ويتم تهيئة هذه المدارج التي كانت مفروشة بالأعشاب في المطارات الأولى، ثم نتيجةً لما تسببه الأعشاب من إعاقة في الحركة، تمّ فرشها بالرمل أو التراب، ولكن هذا الحل لا يصلح إلا في الطقس الجاف، فعمدوا بعد ذلك إلى تهيئة المدرج بالإسفلت أو بالخرسانة الإسمنتية، وبعد ذلك بالخرسانة المسلحة، وقد تم تحسين حقول الهبوط بإدخال أخاديد في سطح الخرسانة بشكل متعامد مع اتجاه هبوط الطائرة، لتصريف مياه الأمطار والوصول إلى أداء أفضل للمدرج في الأحوال الجوية الماطرة، ويتم ترقيم هذه المدارج تبعاً لاتجاه الشمال، وفي حال وجود مدارج متوازية، يتم إضافة الموقع إلى الرقم كأن يكون يمين أو يسار أو وسط.

تتضمن المطارات الصغرى مدرج إقلاع وهبوط واحد أقصر من ألف متر، أما المطارات الأكبر والمخصصة للطيران الدولي عموماً تكون مدارج الإقلاع فيها مرصوفة أو مبلطة، ويبلغ طول المدرج 2000م أو أكثر، ويعد مدرج مطار إليانوفسك-فوستوشني Ulyanovsk-Vostochny الدولي في إليانوفسك في روسيا، أطول مدرج للاستخدامات العامة في العالم، حيث يبلغ طوله 5000م، وبعد ازدهار بناء المطارات، وتطور تصميم الطائرات، امتدت مدارج الإقلاع والهبوط في بعض المطارات الحديثة وصولاً إلى 3 كم، وذلك للتمكن من تخديم الطائرات الثقيلة، حيث تتطلب الطائرات الثقيلة مدارج أطول ممّا تتطلبه المطارات الصغيرة (الشكل 2)[1].



الشكل (2) مدرج مطار ممفيس



الشكل (3) مطار أثينا الدولي

---

(1) DAAB, Airport Design (daab 2005).

يُستخدم نظام إنارة نموذجي في إنارة المدارج (الشكل 3)، لمساعدة وإرشاد الطائرات للتمكن من الهبوط والإقلاع، حيث ينار المدرج في النهاية القريبة منه باللون الأخضر وصولاً إلى اللون الأحمر في النهاية البعيدة كما يحاط بحواف ضوئية بيضاء مرتفعة، ويمكن إنارة الخط الوسطي فيه باللون الأبيض، أو أن يتناوب أبيض وأصفر انتهاءً باللون الأصفر البحت في النهاية البعيدة منه، وفي بعض المطارات الصغيرة قد تكون المدارج غير منارة.

يحدد المدرج قيد الاستخدام تبعاً لظروف الطقس (الرؤية، الرياح، المطر والثلوج) إضافة إلى الحد الأعلى للطيران.

أما مواقف الطائرات aprons، فهي المساحات المخصصة لوقوف أو اصطفاف الطائرات بعيداً عن المحطة، وهي ممرات أو مَدارج تُستخدم للمناورة.

مباني الخدمات الخاصة بالبضائع:

يمكن تصنيف المطار في عداد أبنية الخدمات العامة، ذات العائدات المادية الكبيرة، والتي تصل في المطارات الدولية الكبرى إلى ملايين الدولارات سنوياً، والناتجة من تأدية المسافر رسوم النقل والترانزيت له وللبضائع المنقولة، ويُعدّ المطار من منظور كثير من المدن، أحد أهم مفاتيح التطور الاقتصادي فيها، وذلك للأعداد الكبيرة من المسافرين والأحجام الكبيرة من الشحنات والبضائع التي ينقلها على مدار الساعة.

ويُعدّ البريد الجوي، من أهم البضائع المنقولة جواً، كما أن البضائع التجارية المنقولة بالملاحة الجوية، هي المنتجات الفاخرة الباهظة الثمن، وتكون قريبة من البُنى التحتية التي تسمح بسرعة النقل ما بين أنظمة النقل الأرضية والجوية، أو المساحات الأرضية والجوية، وتضم المطارات أبنية التخزين المؤقت للبضائع القادمة والمغادرة، قبل أن يتم ترحيلها إلى الجهة المحددة لها، وهي تتعرض للتفتيش بوساطة الماسح الشعاعي والليزري، والتفتيش اليدوي أحياناً، وكثيراً ما تستخدم كلاب مُدرَّبة لأغراض تفتيش البضائع بوساطة الشم[1].

---

(1) RICHARD DE NEUFVILLE & AMEDEO ODONI, Airport Systems: Planning, Design, and Management (McGraw-Hill Professional 2002).

تنوع وسائل الخدمات المختلفة في المطار:

تُقسم الخدمات التي يقدمها المطار إلى خدمات المسافرين، وخدمات الطائرات، وكلما كانت الدولة متقدمة ظهر ذلك في جودة ومستوى هذه الخدمات.

تتنوع الخدمات التي يقدمها المطار للمسافر، فهنالك خدمة تأجير السيارات وحجز الفنادق وغيرها من الخدمات المرتبطة وغير المرتبطة بالطيران، أما خدمات الطائرات فيقدم المطار خدمات كثيرة، منها خدمة مراقبة حركة الملاحة الجوية air traffic control وإرشادها، وتُقسم إلى قسمين رئيسيين: المراقبة الأرضية، والمراقبة الجوية.

أ- المراقبة الأرضية: وتتضمن مراقبة حركة النقل للطائرات والآليات المتواجدة على سطح المطار، كوسائل نقل الأمتعة، وجرافات الثلج، وآليات قص الأعشاب، وعربات التزود بالوقود، وغيرها من الآليات، حيث تقوم بتوجيه حركات الآليات والتأكد من عدم تقاطعها مع حركة الطائرات على المدارج.

ب- المراقبة الجوية: وتتم بوساطة أبراج مراقبة، وبوساطة المحطات اللاسلكية وشاشات الرادار، حيث تكون هاتان الخدمتان منفصلتين أو متَّحدتين، وذلك تبعاً لأنظمة المطار، ومهمتها توجيه الطائرات في الجو، وسلامة هبوطها وإقلاعها، حيث يتم إبلاغ الطيّار بوضعيته تبعاً للاقتراب الانحداري، إلى أن يمكنه إتمام الهبوط عندما تُصبح المدارج حوله مرئية، وبالتالي فإنّ هذه الخدمة تعمل على تأمين سلامة حركة الملاحة الجوية، إضافة إلى ذلك فإنها تراقب أي طائرة تدخل المجال الجوي للدولة، والتعرف إلى هويتها، وتحديد وضعيتها في الفراغ (بالأبعاد الثلاث).

والبرج هو محط عناية المعماريين، كرمز من رموز المطار، حيث إنّه الحجم المعماري المرئي عن بُعد، وهو بناء مرتفع، تتوسط على محيطه نوافذ، وهو مسؤول عن عملية فصل وتوجيه حركة الطائرات والآليات على المدارج، وعن توجيه حركة الطيران بالقرب من المطار (الشكل 4).

الشكل (4) برج المراقبة في مطار كندي الدولي نيويورك

وعدا عن هذه الخدمة يمكن للمطار أن يقدِّم خدمات متعددة وبُنى تحتية إضافية، حيث يتضمن مقرات ثابتة لعمال الخدمة بمختلف اختصاصاتهم كالعمال الآليين والميكانيكيين، وتنحصر خدماتهم في تزويد الطائرات بالوقود، وصفّ الطائرات، أو وضعها بالحظائر (الهنغارات)، وفحصها وصيانتها، وخدمة إلكترونيات الطيران avionics يُضاف إلى ذلك خدمة تأجير الطائرات في المطارات الكبرى، والتدريب على الطيران، والخدمات المتعلقة بالطيارين، كما أنهم يقومون بالخدمات الأرضية كتحميل وتنزيل الأمتعة وتوفير مياه الشرب وتنظيف الطائرات وتزويدها بالمؤونة وغيرها من الخدمات.

وعموماً، هنالك فريق كبير خارج المحطة، يعمل لتأمين سلامة الطائرة في أثناء الهبوط والإقلاع، ولتسهيل حركة الملاحة الجوية وأمنها، وهذه الإجراءات تكون غير مرئية للمسافرين، وهي معقدة جداً في المطارات الكبرى.

تختلف المطارات الدولية من حيث عدد الركاب الذين يستخدمونها، وفي عام 2002 كان مطار أتلانتا بولاية جورجيا الأمريكية الأول ترتيباً (نحو 76 مليون

مسافر) وتلاه مطار شيكاغو (66.6 مليون مسافر) ثم هيثرو في لندن (63 مليون مسافر)، بينما كان مطار شارل دوغول (ديغول) في باريس الثامن في الترتيب (48 مليون مسافر)، ومطار جون كنيدي في نيويورك الحادي والعشرين (نحو 30 مليون مسافر).

المشكلات البيئية للمطارات:

إنّ اختيار موقع المطار هو أمر ليس بالسهل، حيث تتدخل فيه العوامل الاجتماعية والجوية والجغرافية.

وعادةً يُبنى المطار في مناطق غير مشجّرة، أو يتم قطع الأشجار من المناطق المخصصة لبناء المطارات، ويتم التأكد على نحو دوري من خلوها من أعشاش الطيور، وقتل الطيور الموجودة في محيط المطار، لضمان حركة ملاحة جوية آمنة.

ويمكن القول إن المطار يسهم في تصحُّر المنطقة حوله، وفي تهديد الثروة الحيوانية من الطيور، أما المشكلات الأخرى فهي عديدة، منها تلوث الهواء والضجيج الجوي، الذي يؤثر في المناطق السكانية القريبة من المطارات، وعلى صحة القاطنين.

وتسهم المطارات في تغيير ظروف الطقس في المناطق التي تُقام بها، بسبب الاستعاضة عن المساحات المزروعة بسطوح مبلطة، كما أنّه في حال إقامتها على أراضٍ زراعية يتم تغيير شبكة التصريف، أي إنه يطرح مشكلات بيئية وأخرى تتعلق بالتخطيط العمراني.

إنّ المختصين في مجال البيئة يعلقون كثيراً من الآمال على الأبحاث المستقبلية، للتقليل من التلوث الهوائي والضجيج، ولمعالجة مشكلة التصحُّر وتهديد ثروة الطيور، وللحدّ من التأثيرات السلبية للمطارات، التي أصبحت في هذا القرن ضرورة حياتية من النواحي الاجتماعية والاقتصادية والتقنية[1].

(1) الموسوعة العربية، رضوان الطحلاوي، المجلد الثامن عشر، ص856، (بتصرف).

المطرقة المائية : Water hammer

وصف ظاهرة المطرقة المائية:

عند حدوث أي تغير في الحالة المستقرة لجريان سائل ضمن ناقل أو شبكة من الأنابيب- عن طريق إغلاق صمام أو إيقاف مضخة- فإن التغير الطارئ يؤثر في الحالة المستقرة للجريان، وتتولد موجات تنتشر بسرعة تُقارب سرعة انتشار الصوت في السائل، ابتداءً من النقطة التي حدث عندها الاضطراب في الجريان (كالصمام أو المضخة) حتى نهاية الناقل، أو أي تغير في مقطع الأنبوب أو تفرع فيه، ثم تنعكس هذه الموجات جزئياً أو كلياً، وتعود إلى المقطع الأصلي الذي انطلقت منه، لتنعكس مجدداً وهكذا حتى تتخامد بفعل الاحتكاك، ويستقر السائل في وضع توازن جديد.

إن الانتقال من وضع مستقر للجريان في الناقل أو الشبكة إلى وضع مستقر آخر يرافقه دوماً انتشار موجات ضغط في أنحاء الناقل أو الشبكة مما يؤدي إلى تغير في ضغط السائل في الناقل، وتعتمد قيم الضغوط العابرة- التي يمكن أن تكون لها آثار مدمرة في بعض الأحيان- على مقدار التغير في سرعة جريان السائل في الناقل أو الشبكة من العنصر الذي أحدث الاضطراب (صمام، مضخة...)، وأدى إلى تباطؤ السائل أو تسارعه.

تعدُّ دراسة هذه الاضطرابات والأسباب التي تؤدي إلى حدوثها ذات أهمية بالغة للمهندسين، لما يمكن أن تسببه من أضرار جسيمة في الأنابيب والمعدات إذا ما تجاوزت قيم الضغوط الناتجة القيم التي يمكن للناقل وملحقاته تحملها.

يطلق على هذه الاضطرابات العابرة أسماء متعددة، منها: تمورات الضغط pressure surges أو الضغوط العابرة transient pressures أو المطرقة المائية water hammer، والمصطلح الأخير هو الأكثر شيوعاً على الرغم من عدم دقته إذ يوحي باقتصار حدوث هذه الظاهرة على النواقل المائية فقط[1].

---

(1) انظر أيضاً: وائل معلا، الجريان غير المستقر في الأنابيب (منشورات جامعة دمشق، 1992).

لمحة تاريخية لتحليل الظاهرة:

يصعب تحديد التاريخ الدقيق لبداية تحليل ظاهرة المطرقة المائية في الأنابيب، ويُعتقد أن المهندس الروسي نيكولاي جوكوفسكي Nicolai Joukowsky كان أول من أظهر عام 1898 أن مقدار ارتفاع الضغط في ناقل مائي هو تابع لمقدار التغير في سرعة جريان السائل، ولسرعة انتشار الموجة، والكتلة النوعية للسائل:

مقدار التغير في الضغط = الكتلة النوعية للسائل × سرعة انتشار الموجة في الأنبوب × مقدار التغير في السرعة

أُطلق على هذه المعادلة اسم "معادلة جوكوفسكي"، وقد توصل إليها بوساطة دراسة تحليلية وتجريبية كلفته إياها مؤسسة مياه موسكو لتحري ظاهرة المطرقة المائية في أنابيب شبكة مياه المدينة.

تشير معادلة جوكوفسكي إلى أنّ أي تغير في سرعة جريان الماء (الكتلة النوعية = 1000 كغم/م^3) في أنبوب فولاذي (سرعة انتشار موجة المطرقة المائية فيه نحو 1000م/ثانية) بمقدار متر واحد في الثانية يؤدي إلى ارتفاع (أو انخفاض) في الضغط مقداره 1.000.000 نيوتن/م^2، أي ما يعادل ارتفاعاً (أو انخفاضاً) في الضاغط مقداره 100 متر، مما يظهر بوضوح مدى خطورة هذه الظاهرة[1].

وفي عام 1913 قام عالم الهيدروليك الإيطالي لورنزو ألييفي Lorenzo Allievi بوضع معالجة رياضية وتخطيطية لمسائل المطرقة المائية، وقد أسس ذلك لمزيدٍ من التطور في هذا الحقل قام به في الأعوام الخمسين التالية علماء آخرون مثل أنغس Angus وبرجرون Bergeron وشنايدر Schneider وود Wood.

خُصِّص النصف الأول من القرن العشرين لتطبيق أعمال جوكوفسكي وألييفي في مسائل المطرقة المائية، وفي عام 1933 عقد أول مؤتمر علمي عنها في مدينة شيكاغو الأمريكية، كما عقد ثاني مؤتمر عنها في مدينة نيويورك عام 1937.

(1) WYLIE & STREETER, Fluid Transients in Systems (Prentice Hall 1993).

أطلق ظهور الحواسيب في الستينيات من القرن العشرين عهداً جديداً في مجال تحليل ظاهرة المطرقة المائية، وقد جعلت أعمال ستريتر ووايلي Streeter & Wylie (من جامعة ميتشيغان) تحليل ظاهرة المطرقة المائية جزءاً أساسياً من أعمال التصميم الهيدروليكي التي يضطلع بها المهندسون الهيدروليكيون يومياً بدل أن يكون مقتصراً على مجموعة من المختصّين النادرين.

المطرقة المائية في محطات الضخ:

ينشأ كثير من حالات المطرقة المائية المهمة التي تستوجب الدراسة والتحليل عن التوقف والتشغيل المفاجئ للمضخات والصمامات المرتبطة بها في محطات الضخ.

في الحالة الطبيعية يُفتح الصمام تدريجياً بعد إقلاع المضخة، ويغلق تدريجياً قبل أن توقف هذه المضخة عن العمل، ولا تتشكل في هذه الحالة أي مخاطر تذكر، أما في الحالات الطارئة التي تتوقف المضخة فيها عن العمل فجائياً كما هي الحال عند انقطاع التيار الكهربائي، تتشكل ظاهرة المطرقة المائية، فتنشأ موجة ضغط منخفض تنتشر باتجاه مصب الأنبوب، لتنعكس، وتصبح موجة ضغط مرتفع، مما قد تسبب الأذى للمضخة والتجهيزات الملحقة بها، عدا عن الأذى الذي يمكن أن تلحقه بأنبوب الدفع الموصول مع المضخة[1].

طرائق الحماية من المطرقة المائية:

يمكن من حيث المبدأ تصميم الناقل أو أي مجموعة من الأنابيب بحيث تتحمل جميع الضغوط العظمى والدنيا التي يمكن أن تنشأ تحت أي ظروف تشغيلية ممكنة في فترة عمر المشروع، إلا أن مثل هذا التصميم يكون في معظم الحالات غير اقتصادي، لذا كان لابد من إتباع طرائق حماية تعتمد على استخدام تجهيزات خاصة أو القيام بإجراءات تحكم في التشغيل مهمتها منع حدوث موجات الضغط العالية أو المنخفضة التي يمكن أن تلحق بالناقل أو المجموعة أضراراً جسيمة.

(1) Z. WATTERS, Analysis and Control of Unsteady Flow in Pipes (Butterworths 1984).

هنالك كثير من أجهزة الحماية من المطرقة المائية ويختلف تصميم كل منها ومبدأ عمله باختلاف طبيعة الحالة التي تستخدم من أجلها، ولا يتوافر جهاز وحيد مناسب لجميع الحالات ولجميع شروط التشغيل، لذا فعند القيام بتصميم ناقل أو مجموعة من الأنابيب فلابد من الموازنة مابين مجموعة من الخيارات وانتقاء الحل الأنسب للناقل أو المجموعة وذات الكلفة الاقتصادية المناسبة.

يلاحظ من معادلة جوكوفسكي أن التغير في الضغط هو تابع مباشر لمقدار التغير في سرعة جريان السائل، لذلك فإن المهمة الرئيسة لأي جهاز أو إجراء حماية من المطرقة المائية يقتضي التقليل من قيمة التغير في سرعة الجريان أساساً، وهناك عدد من الوسائل الشائعة الاستخدام في الحماية من المطرقة المائية والحالات المناسبة لاستخدامها منها ما يأتي[1]:

1- الإغلاق البطيء للصمامات:

يُعدّ معدل إغلاق الصمام ذا أهمية بالغة في تحديد القيمة العظمى لموجة الضغط الناشئة عن الإغلاق، فإذا كان زمن إغلاق الصمام قصيراً (إغلاق سريع)، فمن المحتمل أن يرتفع الضغط عند الصمام إلى قيم كبيرة مما قد يشكل خطراً على الأنبوب.

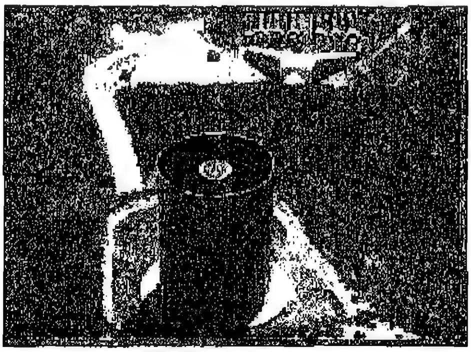
والحل الأمثل هو اختيار زمن مناسب لإغلاق الصمام بحيث تكون قيم الضغوط العظمى والدنيا الناشئة عن عملية الإغلاق ضمن الحدود المقبولة، ويتم تحديد ذلك بالطرق الحسابية، ويبين الشكل (1) صماماً من نموذج فراشة مزوداً بمحرك كهربائي يسمح بتعيير زمن فتح القرص وإغلاقه للتحكم بمقدار ضغط المطرقة المائية الناتج.

(1) B.B. SHARP, & D.B. SHARP, Water Hammer: Practical Solutions (Arnold 1996).

الشكل (1) سكر فراشة كهربائية

2- خزانات الحماية **surge tanks**:

في الحالات التي لا يمكن فيها التحكم في قيم الضغوط العابرة في الناقل أو المجموعة عن طريق تعديل عملية إغلاق السكر أو التخفيف من سرعة تباطؤ المضخة، فإن تحويل جريان السائل إلى خزانات حماية قد يخفف من معدل تباطئه ومن ثم من قيم الضغوط الناتجة من ذلك، يبين الشكل (2) صورة لخزان حماية منفذ من "البيتون" المسلح ومفتوح من الأعلى.

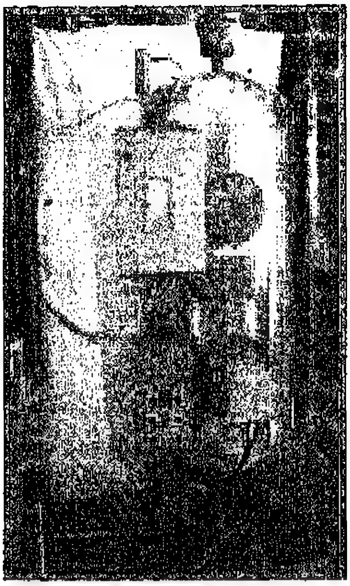


الشكل (2) صورة لخزان حماية منفذ من البيتون ومفتوح من الأعلى

3- خزانات الضغط **pressure vessels**:

تُستخدم خزانات الضغط في الحالات التي لا يمكن فيها استخدام خزانات حماية مفتوحة من الأعلى لأسباب اقتصادية أو فنية، وخزان الضغط هو وعاء يحتوي على غاز مضغوط في جزئه العلوي (عادة هواء) وسائل في جزئه السفلي، وغالباً ما

تستخدم خزانات الضغط وسيلةً للحماية من المطرقة المائية الناتجة من توقف المضخات (الشكل 3)، يوضع في هذه الحالة خزان الضغط عند طرف دفع المضخة وبعد صمام عدم الرجوع.



الشكل (3) خزان ضغط نموذجي

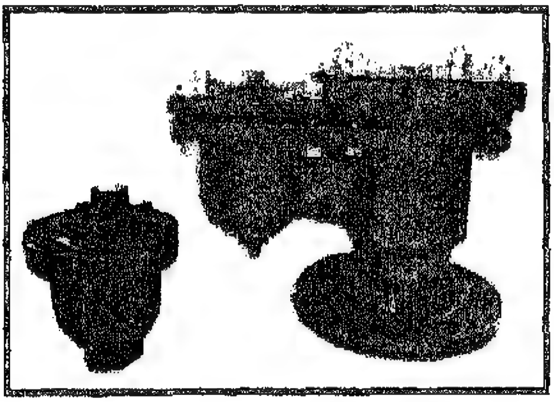
في حال توقف المضخات عن العمل فجأة ينخفض الضغط عند طرف دفع المضخة، مما يؤدي إلى تمدد الهواء الموجود في الخزان دافعاً السائل أمامه باتجاه الناقل ومخففاً بذلك من حدة التغير في معدل الجريان في الناقل ومن ثم من مقدار الهبوط في الضغط، أما عند انعكاس الجريان في الناقل، فيُغلق صمام عدم الرجوع الموجود عند طرف دفع المضخة، ويتم تحويل كامل الجريان نحو الخزان مما يؤدي إلى انضغاط الهواء وتقلص حجمه، وتؤدي عملية الجريان من الخزان وإليه وتمدد الهواء وتقلصه فيه إلى التخفيف من قيم الضغوط الدنيا والعظمى الناجمة الناتجة.

لخزانات الضغط ميزات عديدة بالمقارنة مع خزانات الحماية المفتوحة، أهمها أن حجم خزان الضغط اللازم للحفاظ على قيم الضغوط العظمى والدنيا ضمن الحدود المقبولة هو أصغر دوماً، كما أنه من الممكن تركيبها بشكل أفقي وبالقرب من المضخة، وهو ما يتعذر فعله لخزانات الحماية التي قد تكون كبيرة

الحجم، أما مساوئها الرئيسية فهي حاجتها إلى ضواغط هواء للتعويض عن الهواء المنحل في السائل وما يتطلب ذلك من صيانة دورية للضواغط.

4- صمامات إدخال الهواء وإخراجه air valves:

عندما يمكن للضغط في مواقع معينة في الناقل أن ينخفض إلى ما دون قيمة الضغط الجوي مؤدياً بذلك إلى انفصال عمود السائل ثم إعادة التحامه في مرحلة لاحقة، وما يرافق ذلك من ضغوط عالية، قد يكون من المناسب في هذه الحالة استخدام صمامات إدخال هواء في تلك المواقع المعرضة للضغوط المنخفضة، تتلخص مهمة صمام إدخال الهواء في أن يفتح، ويسمح للهواء بالدخول إلى الناقل عندما يهبط الضغط عند الصمام إلى مادون الضغط الجوي، ويجب أن يسمح صمام إدخال الهواء بدخول كميات كافية من الهواء في أثناء موجة الضغط المنخفض، وألا يتم طردها سريعاً جداً عند زوال الموجة، وذلك لتأمين التحام تدريجي لعمود السائل وللتخفيف من الصدمة الناتجة من الالتحام (الشكل 4).

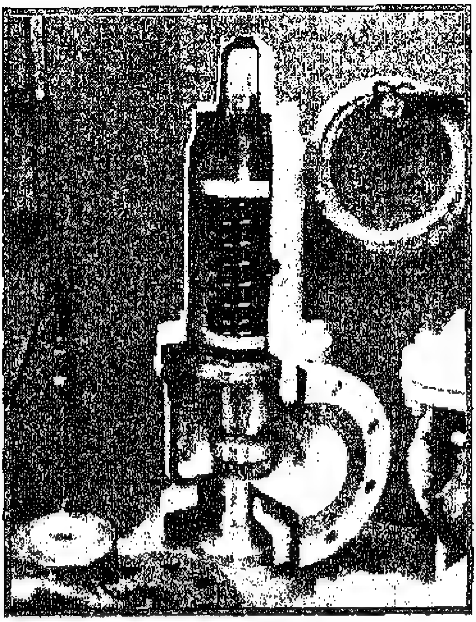


الشكل (4) صمام إدخال الهواء وإخراجه

5- صمامات تحرير الضغط pressure relief valves:

قد يكون من الأنسب في بعض الحالات استخدام صمامات تحرير الضغط للحماية من موجات الضغط العالية عوضاً عن استخدام خزانات حماية أو خزانات الضغط، ويحتوي سكر تحرير الضغط عموماً على فتحة مغلقة بوساطة مكبس يرتكز على نابض أو بوساطة بوابة مثقلة بوزن خارجي، فإذا زاد ضغط السائل الجاري في الأنبوب عن حدٍ مسبق التعيين (وهو الضغط الأعظمي المسموح للأنبوب

تحمله مع هامش أمان مناسب)، يتحرك عند ذلك المكبس أو البوابة فتتكشف الفتحة، ويخرج منها السائل، ويخف بذلك الضغط.



الشكل (5) صمام تحرير ضغط مزود بنابض

وبعد زوال الضغط المرتفع يعود المكبس أو البوابة إلى وضعهما الأصلي بفعل النابض أو الثقل الخارجي (الشكل 5)[1].

مقياس تدفق الموائع : Flowmeter

إن معرفة كمية المائع المارة عبر أنبوب أو قناة أو أي منشأة أخرى هي من أهم المعلومات التي يجب أن يعرفها المهندس بالنسبة إلى المشروعات المائية خصوصاً والمشروعات ذات الصلة بالموائع، مثل النفط والغاز عموماً سواء أكان في مرحلة التصميم أم الاستثمار، إذ لا يمكن تصميم شبكة إمداد مياه شرب أو ري من دون معرفة كمية المياه الواجب توفيرها، ولا يمكن تصميم خط لنقل النفط أو الغاز دون معرفة كمية النفط أو الغاز الواجب إمراره، كما أنه لا يمكن توزيع مياه الشرب والري على الأحياء أو الحقول بكميات محددة من دون أداة أو وسيلة تقيس ذلك.

(1) الموسوعة العربية، وائل معلا، المجلد الثامن عشر، ص872، (بتصرف).

مقياس التدفق أو التصريف flow meter هو الأداة أو الوسيلة التي تمكن من قياس كمية المائع المارة خلال واحدة الزمن عبر وسط معين، ويمكن أن يكون الوسط أنبوباً أو قناة أو نهراً أو مفرغ سد أو مضخة أو عنفة.

ولا يختلف مبدأ قياس التدفق بتغير نوع المائع، لأن معظم مبادئ القياس وأساليبه تُدخل تأثير كتلة المائع النوعية ونوعه ولزوجته.

لمحة تاريخية:

لم يبتكر الإنسان أي وسيلة قياس فعلية للتدفقات إلا بعد أن أوجد العالم السويسري دانيال برنوللي D.Bernoulli ت(1700- 1782) معادلته الشهيرة التي تدعى أيضاً معادلة الطاقة energy equation، والتي شكلت الأساس النظري لتطوير طرائق قياس التدفقات، وفي فرنسا قام المهندس هنري بيتو عام 1730 بتصميم أنبوب زجاجي لقياس سرعة الجريان في نهر السين، ثم بالاعتماد على معادلة برنوللي Bernoulli equation استخدمت الهدارات weirs بأنواعها كافة لقياس كمية المياه المتدفقة في الأقنية، كما قام المهندس الإيطالي فنتوري Venturi بالاعتماد على المعادلة نفسها بتصميم أداة لقياس التصاريف في الأنابيب، وسميت هذه الأداة فيما بعد بأنبوب فنتوري.

وكان المهندس ولتمَن Waltman أول من قدَّم أداة لقياس التدفقات المائية لا تعتمد على معادلة برنوللي، حيث صمّم دولاباً مزوداً بريش يدور عند مرور السائل خلاله، وبمعرفة عدد دورات الدولاب يتم معرفة كمية التصريف، وبعد ذلك اقتصر التركيز في تطوير أجهزة قياس التدفق على رفع دقة هذه الأجهزة، ولكن المبدأ كان يعتمد دوماً على معادلة برنوللي أو مبدأ جهاز ولتمَن.

وقد حدث تطور كبير في نهاية القرن العشرين عندما تم اختراع مقاييس التدفق باستخدام الأمواج فوق الصوتية ultrasonic flow meter، التي تمكن من قياس كمية السائل المتدفقة في الأنبوب دون الحاجة لوضع أي عنصر داخل الجريان، وإنما تثبيت حساسات sensors على الأنبوب من الخارج.

أنواع المقاييس ومبادئ عملها:

توجد ثلاث طرائق رئيسة مختلفة المبدأ لقياس التدفق عبر مقطع أنبوب أو قناة، وهذه الطرائق هي الآتية[1]:

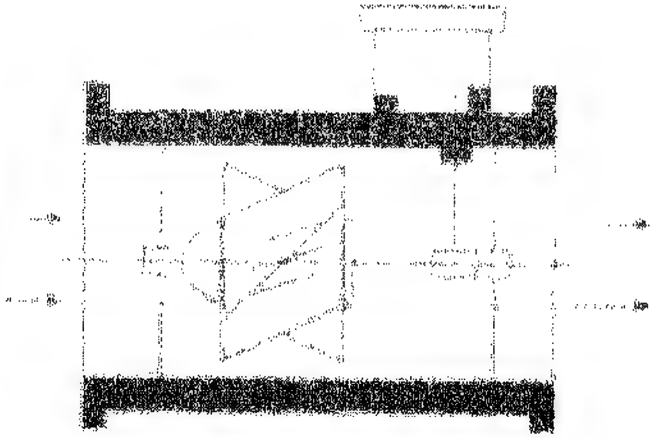
- الطريقة الحجمية:

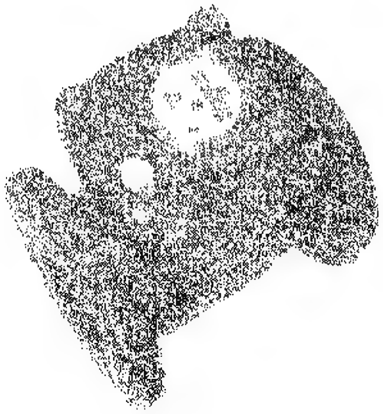
يتم قياس حجم السائل المار في الأنبوب أو القناة إما عن طريق إملاء وعاء معروف الحجم، وإما باستخدام عداد سائل، وفي أثناء قياس حجم السائل يتم حساب الزمن اللازم لمرور هذا الحجم، فإذا كان حجم السائل المار هو v (m3)، وأن الزمن هو T(sec)، فإن التدفق المار Q (m2/sec) هو:

$$Q = \frac{v}{T}$$

والعداد هو أداة تستخدم لقياس كمية السائل المارة خلاله، ويتألف العداد من الجسم الخارجي، الذي يحتوي في داخله مجموعة من الأدوات، تدار في أثناء مرور السائل عبرها، ويجري تركيب العداد على الأنبوب المراد قياس كمية السائل المارة عبره.

توجد أنواع كثيرة لعدادات المياه، وهي تصنف حسب مبدأ العمل إلى:





الشكل (1- أ) مبدأ عمل عداد ولتمن   الشكل (1- ب) صورة لعداد ولتمن

1- عدادات حجمية.

(1) أنظر أيضاً: وائل معلا، أمجد زينو، السعدي، الجريان ذو السطح الحر (منشورات جامعة دمشق 2002).

2- عدادات السرعة: وهي أداة تركب داخل جسم مغلق، وتتكون من أجزاء متحركة تدار مباشرة بسرعة تدفق المياه، والأجزاء المتحركة هي دولاب يدور عند مرور المياه فيه، ويرتبط بمجموعة من المسننات، التي تتصل بدورها مع مؤشرة تقوم بجمع حجم التدفق، وتوجد لعداد السرعة عدة نماذج، هي:

أ- عداد ولتمَن: هو جسم أنبوبي، يحتوي على دولاب قابل للدوران حول جذع ينطبق على محور الأنبوب، ويتألف الدولاب من مجموعة شفرات حلزونية الشكل، لها شكل انسيابي، ويرتبط الدولاب عن طريق مجموعة مسننات مع المؤشرة، ويتناسب عدد دورات الدولاب مع سرعة المياه المارة في العداد، ويبين الشكل (1) عداد ولتمَن.

ب- العداد أحادي القاذف: هو عداد سرعة، يتكون من دولاب توربيني، يدار بحركة المياه، ويدور هذا الدولاب حول محور عمودي على اتجاه تدفق المياه، وسمي أحادي القاذف، لأن التيار المائي يصطدم بالدولاب من مكان واحد على المحيط الخارجي للدولاب.

ج- العداد متعدد القواذف: يشبه العداد أحادي القاذف، والفرق الوحيد هو أن التيار المائي قبل أن يصطدم بالدولاب، يدخل إلى حجرة تحتوي على عدة ثقوب على شكل قواذف، ومن هذه القواذف تخرج التيارات المائية، وتصطدم بالدولاب في عدة أمكنة على المحيط، تؤدي إلى تدويره.

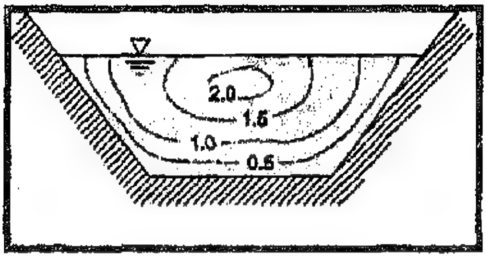
- **الطريقة التكاملية:**

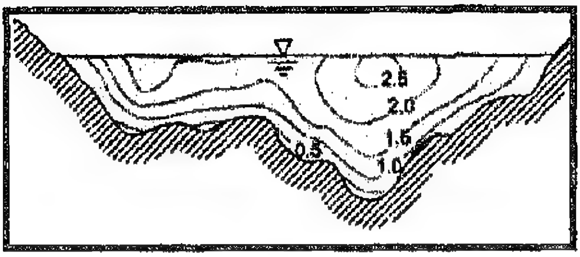
في هذه الطريقة يتم قياس سرعات الجريان عبر مقطع الأنبوب أو القناة في عدد من النقاط، فإذا كانت قيمة سرعة الجريان هي u عند شريحة صغيرة مساحتها dA من مقطع الجريان، فإن التدفق المار عبر المقطع هو:

$$Q = \int_A u.\, dA$$

ولكن ما يتم عملياً هو إنجاز التكامل السابق بصورة عددية أو تخطيطية،

حيث ترسم خطوط توزع السرعة عبر المقطع، كما هو مبين في الشكل (2)، وتحسب المساحات المحصورة بين كل خطين متجاورين، ويتم حساب التصريف المار بين كل خطين بضرب المساحة المحصورة بين هذين الخطين بقيمة السرعة الوسطية للجريان بينهما، ولحساب التصريف الكلي عبر المقطع يتم جمع التصاريف الجزئية بين كل خطين متجاورين[1].





منحنيات توزع سرعة الجريان عبر نهر   منحنيات توزع سرعة الجريان عبر قناة

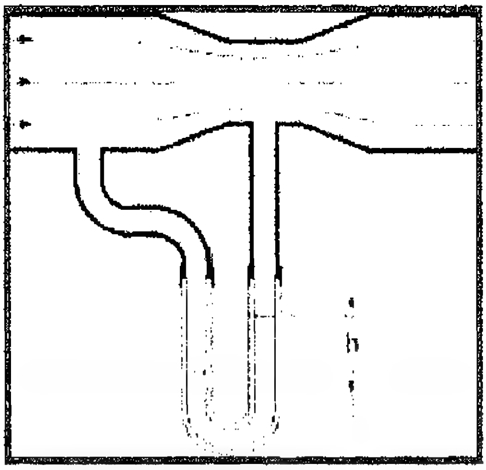
- الطريقة المباشرة:

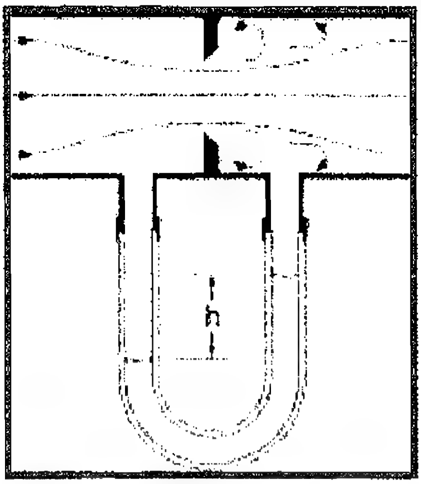
يتم قياس التدفق عبر مقطع معين بشكل مباشر عن طريق وسيلة إظهار، أو بتطبيق المعادلات، وهناك عدة طرائق لقياس التدفقات، تعتمد على مبادئ وأسس مختلفة، منها ما يأتي:

1- الطرق التي تعتمد على معادلة الطاقة: حيث يتم استخدام أجهزة أو أدوات، تعتمد في حساب التدفق على تطبيق معادلة الطاقة، ومن هذه الأجهزة:

أ- جهاز فنتوري: يتألف هذا الجهاز من أنبوب يتغير مقطعه تدريجياً مع اتجاه الجريان إلى أن يصل إلى قيمة صغرى، ثم يتوسع بالتدريج حتى يأخذ من جديد قيمته الأولى، كما في الشكل (3)، وتنسب تسمية هذا الجهاز البسيط إلى الإيطالي فنتوري Venturi الذي قدّمه عام 1791، ويستعمل لقياس التدفق المار في أنبوب ما، ويُصادف كثيراً في محطات ضخ مياه الري والشرب، وكذلك في شبكات الأنابيب، إذ يوضع في طريق الجريان بشكل يمر منه كامل التدفق المراد قياسه في هذا الأنبوب، حيث يؤدي مرور السائل في الأنبوب المتضيق إلى تسارعه في اتجاه الجريان، مما يؤدي إلى حصول هبوط في الضغط.

(1) ANDREW CHADWICK & JOHN MORFETT, Hydraulics in Civil and Enviromental Engineering (E & Fn Spon. 1993).





الشكل (3) جهاز فنتوري   الشكل (4) فتحات الأنابيب

وحسب معادلة الطاقة، فإن هناك علاقة بين معدل الجريان وبين هبوط الضغط ومن ثم يمكن تحديد مقدار التدفق المار في الأنبوب، ويمكن قياس فرق الضغط المتشكل عند المقطع المتضيق وقبله باستخدام مانومتر يوضع في داخله سائل ذو كتلة نوعية معروفة، ويحسب التدفق المار في جهاز فنتوري من العلاقة:

$$Q = K . \sqrt{h}$$

حيث إن:

- Q: التدفق المار في الأنبوب (m3/s).
- h: فرق الارتفاع في سائل المانومتر (m).
- K: ثابت يتعلق بالكتلة النوعية للسائل المار وسائل المانومتر ونسبة قطر المقطع المتضيق إلى قطر الأنبوب قبل التضيق[(1)].

ب- فتحات الأنابيب: يعتمد مبدأ عمل فنتوري المبين في الفقرة السابقة على تغير مقطع الأنبوب المتضيق، بحيث يكون مقطع الجريان عند العنق أصغر منه عند مدخل الأنبوب المتضيق، يمكن الحصول على نتيجة مشابهة بتركيب صفيحة تحتوي على فتحة قطرها أصغر من القطر الداخلي للأنبوب، كما هو مبين في الشكل (4)، تعد هذه الطريقة أبسط وأقل كلفة من أنبوب فنتوري، وتؤدي

(1) ROBERT W.FOX & ALAN T. MCDONALD. Introduction to Fluid Mechanics (John Wiley & Sons, INC.1994).

الغـرض نفسـه، إلا أن ذلـك يكـون علـى حـساب فاقـد الاحتكـاك، ويمكـن حساب التصريف النظري من العلاقة السابقة نفسها، غير أن التصريف الفعلي يكون أقل من ذلك بكثير، لأن فاقد الاحتكاك هنا يكون كبيراً.

ج- الهدّارات: الهدّار هو فتحة كبيرة ليس لها حرف علوي، ويجري الماء من فوقها بتأثير الضاغط المتشكل أمامها، والهدارات منشآت مائية مهمة، تستعمل لأغراض متعددة، منها قياس غزارة الجريان المارة في الأقنية، وهي تستخدم كثيراً في مشروعات شبكات الري والصرف والسدود ومحطات الضخ، وفي مختلف المشروعات المائية الأخرى، ولها أشكال عديدة منها عريض العتبة، ورقيق الحافة المستطيل كما هو موضح في الشكل (5)، ورقيق الحافة المثلثي كما في الشكل (6)، ويحسب التدفق المار عبر الهدار المستطيل رقيق الحافة من العلاقة:

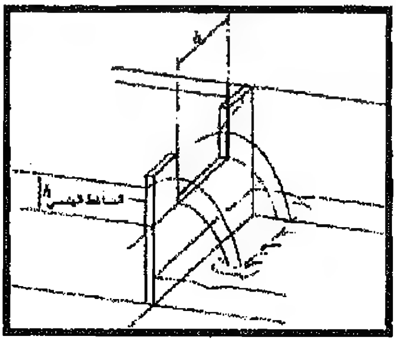
$$Q = \frac{2}{3} . C_d . b . \sqrt{2g} . h^{3/2}$$

حيث إن:

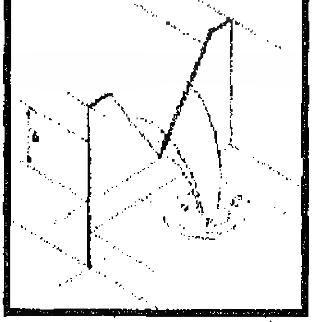
- Q: التدفق المار(m3 /s).
- h: الضاغط الهندسي (m).
- b: عرض الهدار.
- Cd: معامل التصريف.

أما التدفق المار عبر الهدار المثلثي رقيق الحافة ذي الرأس القائم فيحسب من العلاقة:

$$Q = 1.417 \times h^{3/2}$$

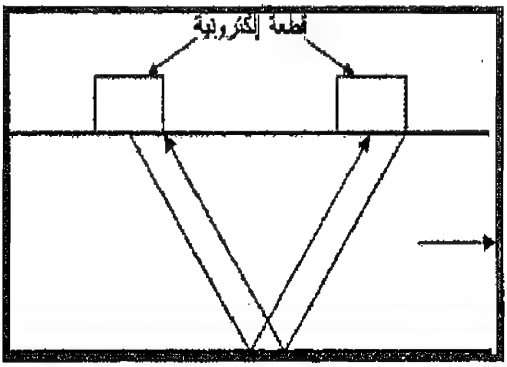


الشكل(5) هدار مستطيل رقيق الحافة

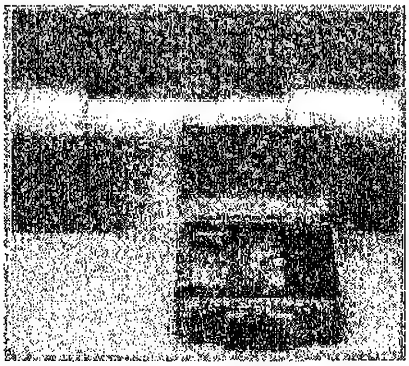


الشكل(6) هدار مثلثي رقيق الحافة

2- قياس التدفق باستخدام الأمواج فوق الصوتية: تستخدم تقنيات صوتية في قياس التدفقات، وهذه التقنية تعتمد على قياس الفترة الزمنية اللازمة لتقدم موجة صوتية بين قطعتين الكترونيتين تشكلان معاً عداد التدفق، كما في الشكل (7)، تؤدي إحدى القطع دور المصدر الصوتي بينما تقوم القطعة الأخرى باستقبال هذه الموجة الصوتية بعد عبورها مسافة معروفة ضمن الوسط المدروس، من المعلوم أن زمن الانتقال اللازم لموجة صوتية عبر مسافة معلومة، يكون مساوياً جداء سرعة الصوت في الوسط المدروس بالمسافة المقطوعة، وذلك عند خلو الوسط المدروس من أي جريانات، في حين يتغير زمن انتقال هذه الموجة على نحو يتناسب مع التدفق الموجود، يكون الفرق بين الزمنين (سائل ساكن وسائل متحرك) مرتبطاً مباشرةً بظاهرة دوبلر، مما يمكن المستخدم من تحديد سرعة التدفق المقاسة على نحو سهل وسريع باستخدام معادلات دوبلر، وتتميز هذه العدادات بسهولة التركيب وعدم وجود فواقد هيدروليكية تنتج من استخدامها، كما يمكن استخدامها مع السوائل الخطرة التي يتوجب تجنب وجود فتحات في أنابيبها وذلك لتخفيض احتمالات التسرب، حيث تركب على الأنبوب من الخارج، كما هو مبين في الشكل (8)، وقليلاً ما تتأثر جودة القياسات بتغيرات كثافة السائل المتدفق أو حرارته أو ناقليته الكهربائية أو الحرارية(1).



الشكل(7) مبدأ عمل مقياس التدفق باستخدام الأمواج فوق الصوتية



الشكل(8) مقياس التدفق باستخدام الأمواج فوق الصوتية مع جهاز إظهار القياس

(1) أنظر أيضاً: وائل معلا، امجد زينو، مبادئ الهيدروليك الهندسي (منشورات جامعة دمشق 2005).

استخدامات مقاييس التدفق:

لمقاييس التدفق استخدامات عديدة، فهي تركب في جميع مراكز إنتاج المياه من آبار ومحطات ضخ لتحديد كمية التدفق، كما تركب في مراكز الضخ الرئيسة في حقول النفط والغاز، وفي مفرغات السدود يجري أيضاً تركيب هذه الأجهزة لتقدير كمية المياه الخارجة من المفرغ، تركّب أيضاً أجهزة قياس التدفق على مستوى الحقول الزراعية لإمكانية توزيع مياه الري على المقاسم الزراعية بالمقنن المطلوب.

وقد بُدئ اليوم باستخدام مقاييس التدفق طريقةً لإدارة شبكات مياه الشرب من أجل ضبط التسربات في الشبكات، حيث يتم تركيب مقياس تدفق عند كل نقطة تفرع من الشبكة، وبمقارنة مجموع التدفقات عند نقاط التفرع من الشبكة مع التدفق الكلي الداخل إلى الشبكة، يمكن رصد المناطق التي تستهلك كميات كبيرة من المياه والتي يمكن أن تعزى إلى حدوث تسربات، وبعد ذلك يتم التحري عن سبب حدوثها[1].

الملاحة البحرية والنهرية : Navigation

الملاحة عامة navigation هي مجموعة أعمال تنفذ لتحديد مواقع المراكب وتوجيه حركتها وإرشادها للوصول بها إلى غايتها، ومن هذه المراكب سفن السطح والغواصات والطائرات والصواريخ والمركبات الفضائية والأقمار الصناعية، وحتى المركبات التي تسير على الأرض، ويشتمل فن الملاحة على علوم كثيرة، كعلم الفلك والرياضيات والفيزياء والأرصاد الجوية وعلم البحار والمحيطات والتضاريس، وتستخدم فيها وسائل وأجهزة وتقنيات متعددة منها البوصلة المغناطيسية والجيروسكوبية وساعات قياس الزمن ومقاييس السرعة والرياح والتيارات المائية والارتفاعات والأعماق والضغط الجوي وأجهزة الرصد الفلكي وأدواته والاتصالات الأرضية والفضائية وتحت المائية والخرائط البحرية والأرضية والكونية وأجهزة التوجيه الآلي.

(1) الموسوعة العربية، أمجد زينو، المجلد التاسع عشر، ص295، (بتصرف).

الملاحة البحرية sea navigation هي أم الملاحة عامة، وتفرعت منها الملاحة النهرية river navigation بخصوصيتها، ومع ارتقاء الإنسان في الجو، ظهرت الملاحة الجوية والفضائية.

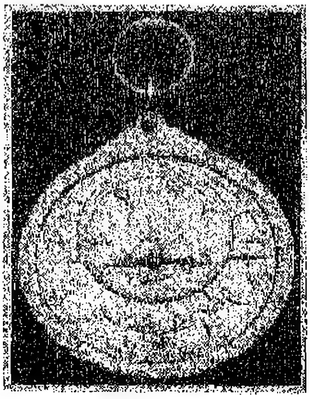
لمحة تاريخية:

لا يعرف بالضبط متى ركب الإنسان البحر، وكان الدافع الأول له رغبته في اكتساب المعرفة وكشف المجهول والمغامرة والحصول على الرزق ثم التجارة والسيطرة، وكان ركوب البحر يقتصر على النخبة من المغامرين الأشداء، ونسجت عنه الأساطير والخرافات مقرونة بالمخاطر والأهوال، كما جاء في أشعار هوميروس وحكايات السندباد البحري وحوريات البحر، ومن ثم انتظم فن الملاحة وركوب البحر تدريجياً، كما يلاحظ من آثار الفينيقيين والفراعنة وشعوب البحر المتوسط، فاليونانيون والفرس والرومان والعرب، ثم الأسبان والبرتغاليون والإنكليز، إضافة إلى سكان بحار الشمال من الفايكنغ والنورمان، وبحّارة الشرق واليابان والصين، وكانت الملاحة تعتمد أساساً على الخبرة ثم العلم المكتسب، فقد أنشأ فرعون مصر سنفرو من الأسرة الرابعة عام 2650 ق.م أسطولاً بحرياً ونهرياً، ويذكر هيرودوت أن الفرعون نخاو أمر الملاحين الفينيقيين بالطواف حول أفريقيا في ثلاثة أعوام، وكان للفينيقيين "إلهة" للبحر تدعى شيرا، كما أرسل الإسكندر المقدوني عند وصوله إلى الهند عام 325 ق.م قائد أسطوله نيارخوس ليكتشف أسرار المحيط الهندي، واستخدم الفرس البحارة اليونان لتسيير أساطيلهم، وكانوا يستعينون بالفلك ومتابعة حركة الأجرام السماوية والأبراج ودراسة اتجاهات الرياح الموسمية ووضعوا خرائط مبسطة لها بحسب الخبرة، واستخدم العرب البوصلة التي سموها "الحُقه" و"بيت الإبرة"، كما اخترعوا الإسطرلاب وآلة الثُمن لقياس الزوايا بين الأجرام السماوية وخط الأفق، فكانت أساساً لاختراع آلة السُدس، واستعانوا بالجداول الفلكية التي وضعها رؤساء البحر والعلماء مثل الزرقالي والبيروني والفزاري، وكثير من رواد علم الفلك والرياضيات، واشتهر من الملاحين العرب "سليمان المهري" التاجر (ت. نحو 237هـ/851م) الذي كتب رسالة في الملاحة ووصف الزوابع والأنواء

والأعاصير الحلزونية، بعنوان "رحلة التاجر سليمان"، وهي موجودة بالمكتبة الأهلية بباريس، ويُعد ابن ماجد الملقب أسد البحر، أمهر ملاحي زمانه، وقد ترك مجموعة من الكتب والرسائل التي تتحدث عن علوم البحر والملاحة وفنونها، وخاصة كتابه "الفوائد في علم البحر والقواعد" الذي كان من أهم المراجع البحرية في العصور الوسطى، وكذلك كانت شعوب الفايكنغ من أمهر شعوب البحر، واكتشفت أيسلندا على أيديهم عام 790م، ووصل إريك الأحمر غرينلند عام 981 م، وبلغت الكشوف الجغرافية البحرية أوجها في عصر النهضة فوصل كريستوفر كولومبوس إلى جزر "البهاما" و"الدومينيكان" و"جمايكا" بعد عام 1415م، وتمكن فاسكودي غاما من الوصول إلى الهند عام 1499م بمساعدة بعض الملاحين العرب، وقام الملاح الإسباني فرناندو ماجلان بالدوران حول الأرض من الغرب عام 1521م.

وفي عام 1569م ابتكر الجغرافي الفنلندي جيراردوس مركاتور Geraduc Mercator رسم الخرائط بطريقة أقرب إلى الصحة والدقة وسميت باسمه، وساعدت على تطوير الملاحة وتحديد الاتجاه والمسافة والمكان على سطح الكرة الأرضية بدقة (الشكل 1).

كما توصل عالم الرياضيات الإنكليزي جون هادلي John Hadley والأمريكي توماس غودفري Thomas Godfrey إلى اختراع آلة السدس عام 1730م وتوصل جون هاريسون John Harrison الإنكليزي إلى صنع "الكرونومتر" Chronometer لقياس الزمن.



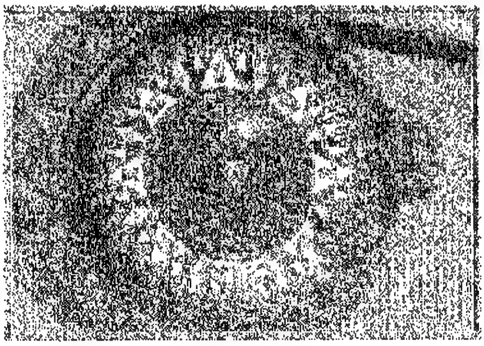
الشكل (1) الإسطرلاب

وقد جمع الإنكليزي نيفيل ماسكلين Nevil Maskelyne أول تقويم فلكي بحري، كما اخترع المهندس الألماني هيرمان أنشوتزكايمف Hermann Anschütz-Kaempfe عام 1908م البوصلة الجيروسكوبية التي تحدد الاتجاه الحقيقي وتطورت أجهزة الرادار إبان الحرب العالمية الثانية لتساعد على الملاحة الرادارية (الشكل 2).

أنواع الملاحة:

يمكن تقسيم الملاحة البحرية إلى:

- الملاحة الشاطئية أو الساحلية (المساحلة)، ومنها الملاحة في البحيرات، والملاحة النهرية، وفي المضائق والممرات حيث التماس البصري أو الراداري مع الساحل مباشرة.
- الملاحة في أعالي البحار، وتشتمل الملاحة في البحار والمحيطات عامة وفي منطقة القطبين.



الشكل (2) بوصلة بحرية

تعتمد الملاحة البحرية عامة على طرق عديدة أهمها:

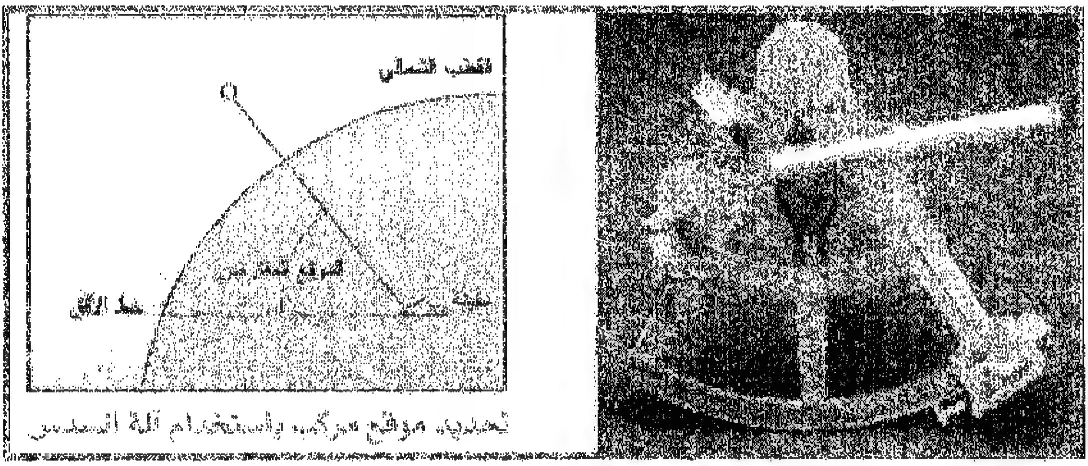
- طريقة تقدير الموقع أو الموقع الحسابي: تعتمد هذه الطريقة على تحديد نقطة انطلاق ثابتة ومعروفة (مثل مدخل ميناء)، ثم السير باتجاه معروف وبسرعة محدّدة وفي زمن محدّد، فتصل المركبة إلى مكان ثان يسهل تحديده حسابياً، حيث يحدِّد الربان على الخريطة نقطة الانطلاق ويرسم منها خطاً يمثل اتجاه السير وعليه المسافة التي قطعتها المركبة نتيجة جداء الزمن

بالسرعة، وعند حدوث تغيير في أي من العناصر الثلاثة السابقة تحدد نقطة جديدة، وهكذا يرسم الطريق على الخريطة، إلا أن هذه الطريقة ليست بالغة الدقة لأنها لا تأخذ في الحسبان التيار وأخطاء التوجيه والرياح، ولابد من استخدام وسائل أخرى من وقت إلى آخر لتحديد نقاط ثابتة جديدة تُصحح الموقع في أثناء السير الطويل، تساعد هذه الطريقة الملاّح على التقدير المسبق للمواقع التي ستصل إليها المركبة، وتقدير الوقت الذي ستصل فيه إلى غايتها، يوجد في السفن جهاز يسمى "رسّام تقدير الموقع" يُبين مكان المركب إلكترونياً على شاشة أو على بيان إلكتروني بالاعتماد على مسجّل السرعة والزمن والبوصلة الجيروسكوبية، وتسجل هذه المعلومات أوتوماتياً على الخريطة.

- الطريقة الاسترشادية: يعتمد الملاّح في هذه الطريقة على نقطة إرشادية واحدة أو أكثر كدليل، وهي علامة أرضية مميزة على البر أو ثابتة في البحر، والخرائط الحديثة أهم وسيلة تساعد الملاّح بهذه الطريقة، فهي تبين الجبال والجزر والمعالم المميزة على الساحل وعوامات الإرشاد الملاحية والمنارات، وبتحديد الاتجاهات الزاوية للعلامات الأرضية والمسافات بينها وبين المركب، مع استخدام العضادة أو دائرة السمت، يؤخذ الاتجاه الزاوي ويرسم على الخريطة على شكل خط الموقع الذي يهتدي المركب به في مساره، أما نقطة تقاطع خطي موقع لعلامتين أرضيتين في آن واحد، فيحدد مكان المركب في اللحظة الآنية، وللطريقة الاسترشادية أسلوب آخر كمتابعة الاتجاه الزاوي لعلامة أرضية واحدة على فترات زمنية مختلفة إلى غير ما هنالك.
- طريقة تحديد الأعماق: تعتمد هذه الطريقة كلياً على الأعماق المحددة بدقة على الخرائط البحرية، وكذلك على جهاز محدّد الأعماق في السفينة، وهو يعطي العمق تحت السفينة مباشرة، وبمقارنة هذه المعلومات مع الخريطة والأعماق المسجّلة عليها يعرف الملاّح موقعه على التوالي، وهذه الطريقة تقريبية واحتياطية ويمكن استخدامها في المناطق ذات الأعماق الواضحة.

الملاحة الفلكية: celestial navigation

تعتمد الملاحة الفلكية عامة على تحديد موقع المركب في البحر والبر بمتابعة الأجرام السماوية مثل الشمس والقمر والنجوم والكواكب، نتيجة التبدل الظاهري لمواقع بعضها حسب الزمن والتوقيت السنوي وميل الأرض والمكان، يمكن تحديد الموقع باستخدام آلة السُدس التي تقاس بها زاوية النجم في لحظة ما مع الأفق، وغالباً عند الغسق والشفق، أو مع الشمس والقمر وهي تسمى زاوية الارتفاع الحسابي (الشكل 3).



الشكل (3) آلة السدس واستخدامها

وبمساعدة التقويم الفلكي nautical almanc، أو جداول خاصة تسمى فراي- كور وبحسابات المثلثات الكروية، يحدد موقع السفينة، وبتكرار هذه العملية مع أجرام سماوية متعددة يُحصل على خط سير للمركب، ويمكن للغواصات بمساعدة البيروسكوبات الخاصة الحصول على هذه المعلومات لحساب موقع الغواصة، إلا أن هذه الطريقة تتطلب سماءً صافيةً وخاليةً من الغيوم ورؤية الأفق بوضوح(1).

الملاحة الإلكترونية:

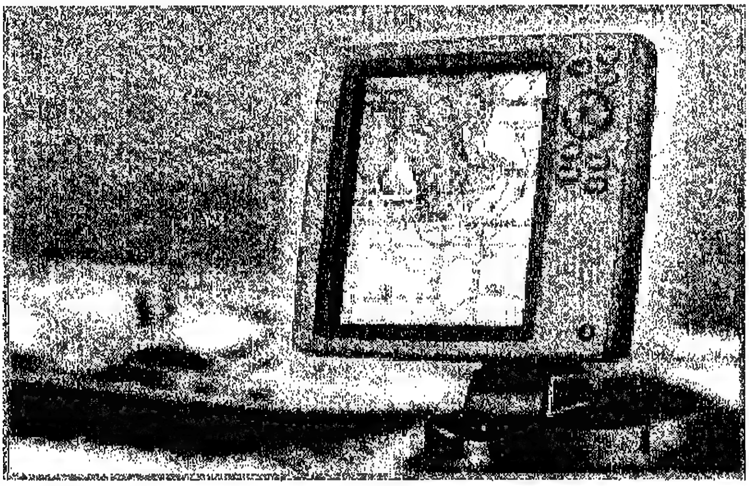
وهي تتم بعدة طرائق وأساليب وأنظمة، وتعتمد على الأجهزة الإلكترونية باستخدام الراشدات الراديوية ذوات الترددات الموجية المختلفة، وأدقها في تحديد

(1) DALE DE REMER & DONALD W. MCLEAN, Global Navigation for Pilots, Aviation Supplies & Academics, (1999).

الموقع تلك التي تعمل على التردد العالي، إلا أن مجال استقبال إشارات التردد العالي لا يتعدى دائرة الأفق، وتتميز الإشارات ذوات الترددات المنخفضة بإمكان استقبالها على مسافة آلاف الأميال، إلا أن دقتها أقل من سابقتها.

ومن هذه الأنظمة:

- منظومة الملاحة بعيدة المدى (اللوران): وتعمل على إرشاد السفن والطائرات في مداها بالاستعانة بمحطات رئيسة ومحطات فرعية، ترسل هذه المحطات نبضات راديوية متوسطة أو منخفضة تلتقطها أجهزة خاصة في المركبات، ويمكن بوساطتها إنشاء خطوط موقع يحدد تقاطعها المكان الدقيق للمركبة (الشكل 4).



الشكل (4) منظومة الملاحة بعيدة المدى

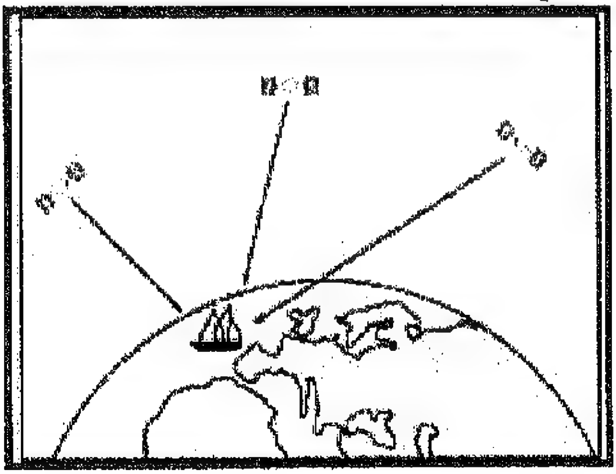
منظومة الملاحة (أوميغا) 1982: وهي منظومة عالمية تُستخدم في السفن والطائرات بالاعتماد على ثمانية أجهزة إرسال تغطي العالم، بتعاون دولي ووجود معدات إلكترونية خاصة على متن المركبات لاستقبال الإشارات، يتم إنشاء خطي موقع على الأقل يحدد تقاطعهما موقع المركب.

- منظومة المدى الشمولي: وهي منظومة ملاحية تُستخدم في المركبات الهوائية خاصة، وتشتمل على معدات قياس المسافات التي تحدد بعد المركبة عن أجهزة الإرسال فتحدد مسافاتها.

- منظومة تحديد الاتجاه الراديوي: وتعتمد على إشارة صادرة عن منارة أو فنار راديوي يرسل الإشارات التي تلتقطها هوائيات المركب وتدل على اتجاه الفنار،

ويمكن تغطية بعض البحار بها مثل بحر البلطيق وبحر الشمال والبحر المتوسط والأحمر والأسود، هذه الطريقة من أقدم منظومات الملاحة الإلكترونية عامة في السفن والطائرات.

- الرادار: يعتمد على الإشارة المرتدة عن الأجسام التي تصطدم بها، ولدى وصل الرادار بأجهزة تحديد الاتجاه يمكن معرفة الأجسام المحيطة واتجاهها والأهداف التي تصل إليها الإشارة، فتحدد موقع المركبة من علامات أرضية مهما اختلفت أحوال الطقس والليل والنهار لمنع التصادم مع الأجسام والمركبات الأخرى ومتابعة سير الطائرات والقذائف الموجهة وسفن الفضاء والسفن البحرية.
- الملاحة باستخدام السواتل (الأقمار الصناعية): هناك منظومات لاستخدام السواتل في الملاحة، كمنظومة "ترانزيت" الأمريكية التي بدء باستخدامها عام 1964 وانتهى عام 1996 وكانت تستفيد من معطيات سبعة سواتل دائمة، ولها عدة سواتل احتياطية تدور كلها في مدارات متباعدة، مع استخدام جهاز استقبال مرتبط بحاسوب على المركبة لتحديد موقعها، ومنظومة السواتل الملاحية للتوقيت وقياس المسافة "نافستار" Navigation Satellite Timing And Ranging (NAVSTAR) وهي الأحدث، وتغطي كلها الكرة الأرضية (الشكل 5)[1].



الشكل (5) منظومة نافستار العالمية لتحديد المواقع

(1) JAMES P. GRAM, Maritime Piloting Workbook: The Essentials of Navigation (2004).

بدأ تشغيلها بكامل طاقتها عام 1995، وتتكون المنظومة من 21 ساتلاً مع ثلاثة سواتل تبث موقعها لحظياً، ويمكن للمستقبل مع الحاسوب في المركبة تحليل إشارة ملتقطة من ثلاثة سواتل في آن واحد، محدداً بها موقع المركبة، وهذه المنظومة تسمح بتحديد أوضاع جميع المركبات على الأرض أو في السماء، وفي جميع الشروط الجوية، ومثلها منظومة "غلوناس" GLONASS التي أنشأها الاتحاد السوفييتي سابقاً ثم امتلكتها روسيا حالياً.

- التوجه بالقصور الذاتي (1950 – 1954) inertial guidance system: تعتمد هذه الطريقة على استخدام حاسوب وجهاز يدعى "ملاّح القصور الذاتي" يتلقى المعطيات عن تغيرات حركة المركبة مع محدّد اتجاه يعملان معاً على تحديد مسار المركب وموقعه، وكانت هذه الطريقة مستخدمة في الطائرات والغواصات ومختلف المراكب والقذائف الموجهة.

الملاحة النهرية:

عُرف التنقل في الأنهار قبل ركوب البحر، وكان المصريون القدماء يستخدمون نهر النيل في النقل والتنقل، وكذلك سكان بلاد الرافدين، وبعد اكتشاف القارة الأمريكية تبين أن السكان الأصليين كانوا يتنقلون في الأنهار، وتعد الأنهار وسيلة مواصلات سهلة واقتصادية، وخاصة الأنهار العميقة، وتلك التي تصب في البحار، حيث تدخل إليها السفن من البحر في أوقات المد وتعود في أوقات الجزر، وما يزال نهر الدانوب الذي يربط سبع دول أوروبية بعضها ببعض ومع البحر الأسود من أهم المجاري المائية الصالحة للملاحة وكذلك معظم الأنهار الكبيرة في آسيا وإفريقيا وأمريكا، والملاحة النهرية أسهل من الملاحة البحرية من حيث تحديد الموقع، لأن المراكب تسير فيها محاذية الشاطئ المحدد على الخرائط إلا أن الصعوبة في الملاحة النهرية تكمن في معرفة المجرى الآمن لوجود العوائق والمنحدرات والرواسب المتغيرة والموسمية التي تغير الأعماق والمسارات في الأنهار، فكان لابد من وجود نظام آمن على مدار العام مع تجريف قاع النهر وإزالة العوائق الملاحية وتحديد

المسارات بالعلامات الإرشادية، وتحديد المناطق الخطرة والآمنة مع معرفة الأعماق بدقة متناهية، وخاصة في موسمي الفيضان والجفاف، تحمّل جميع هذه المعطيات على خرائط ملاحية نهرية تساعد الملاّح ومجساته على التوجه وفق نظم الملاحة النهرية، وتحديد مناطق التجاوز والتقاطع ذهاباً وإياباً مع إنشاء الموانئ النهرية للوقوف والتزود وتفريغ الشحنات واستلامها وأعمال الصيانة، وفي جمهورية مصر مثلاً ثمة هيئة عامة للنقل النهري تتولى تطوير الشبكة الملاحية، وإدخال نظام تشغيل لنقل الحاويات نهراً وعن طريق البحر وتعمل على الوصول إلى نظام نقل آمن على مدار العام، وهي تشرف على تجريف المسارات الملاحية ووضع العلامات الإرشادية والخرائط الملاحية، وإنشاء نظم تحكم واتصالات وتجهيز الموانئ النهرية، مثل موانئ أسيوط وقنا وكذلك الموانئ الصناعية شمال أسوان والمنيا وبني سويف، لخدمة النقل النهري بين المحافظات، حيث تتمكن هذه الموانئ من استقبال أكثر من 75 ألف حاوية سنوياً، إضافة إلى إنشاء معاهد إقليمية للنقل النهري.

لقد تطورت الملاحة عامة تطوراً مذهلاً في العصر الحاضر، وما زالت آفاقها مفتوحة بتطور التقانة الحديثة ووسائل الاتصال والرصد الآني لأي نقطة على البر وفي البحر مع إمكان التوجيه الآلي والبرمجة والرؤية في مختلف الظروف، وستبدأ أوروبا بالعمل عام 2008 على نظام غاليليو الفلكي الأوروبي بوساطة الساتل الأوروبي كيوف، والتطور مستمر(1).

الملاحة الجوية: Air navigation

الملاحة navigation تعني الإرشاد وتوجيه المركب وجهته الصحيحة، والكلمة مشتقة من المِلاح وهي الريح تجري بها السفن، والملاحة صنعة الملّاح، وهو النُوتيُّ الذي يوجه المركب، أما التسمية اللاتينية فتتألف من كلمتين هما: navis ومعناها القارب أو المركب وagire ومعناها الإرشاد أو التوجيه.

(1) الموسوعة العربية، قتيبة الصفدي، المجلد التاسع عشر، ص389، (بتصرف).

تعدّ الملاحة الجوية علماً وفناً جديراً بالاهتمام لأهميتها والفوائد الجمّة التي تتحقق منها، وهي مجموعة القواعد التي تُتبع لإرشاد المركب الجوي (الطائرة) وتوجيهه في الجو أو الفضاء وانتقاله من موقع إلى آخر.

طرائق الملاحة الجوية:

تتبع في الملاحة الجوية أربع طرائق أساسية هي:

1- الملاحة بالرؤية المباشرة Pilotage: تعتمد هذه الطريقة أساساً على الرؤية المباشرة vision لمعالم الأرض land marks وعلى ملاحظة ما يميزه الطيار منها كالسدود والقلاع والطرق العامة والأنهار والبحيرات والجسور وغيرها، إذ يرسم الطيار قبل بدء رحلته خطاً يمثل المسار الذي سيسلكه على الخريطة بين نقطتين: مطار المغادرة departure airport ومطار المقصد destination airport والمنطقة التي سيطير فوقها، ثم يتابع بدقة المعالم الأرضية التي يراها ويقارنها بالخريطة التي بين يديه، يعد الطيران سهلاً في الطقس الجيد والسماء الصافية وفي ضوء النهار إذ يمكن تمييز العلامات الأرضية بوضوح.

كانت هذه الطريقة هي المتبعة منذ بداية عصر الطيران، ويمارسها جميع الطيارين في أسفارهم لبساطتها وسهولتها، إذا ما قورنت بطرائق الملاحة الجوية الأخرى، إلا أنها تتطلب من الطيار انتباهاً طوال الرحلة وتدقيق ما يراه على الخريطة ومقارنته بمسار طائرته الفعلي، وعليه أيضاً معرفة موقع الطائرة تماماً في كل لحظة حتى نهاية الرحلة.

تضيع المعالم الأرضية ويتعذر رؤيتها وتمييزها، ولو عن قرب، في الطقس السيئ، وفي غياب القمر عندما يغرق الكون في ظلمة حالكة، وقد تطلب ذلك إيجاد وسائل أفضل تسهل عمل الطيار وترشده.

2- الملاحة التقديرية dead reckoning: تستعمل هذه الطريقة في الملاحة عند تعذر رؤية المعالم الأرضية أو عدم إمكانية تمييز بعضها من بعض، ويتطلب ذلك من الطيار مهارة خاصة وخبرة تفوق تلك التي يستخدمها بالملاحة بالرؤية

المباشرة، ولا تختلف هذه الطريقة كثيراً عن سابقتها من حيث الغرض، عندما يحلق الطيار بطائرته فوق الغابات أو الصحارى أو فوق البحيرات أو فوق الغيوم الكثيفة، إذ يتوجب عليه عندئذ استخدام خريطة ملاحية chart aeronautical خاصة تمكنه من تقدير موقع الطائرة وخط سيرها إذا ما استطاع تمييز معلمين بارزين تطير الطائرة فوقهما في أثناء الرحلة، وقدر المسافة التي قطعتها الطائرة واتجاه مسارها والزمن الذي استغرقته لقطع تلك المسافة، توفر هذه الطريقة للملاح navigator دقة حساب معقولة في أثناء الرحلة وتمكنه من الوصول إلى آخر موقع.

شاع استعمال هذه الطريقة لأهميتها في كل مرة يصعب فيها إتباع طرائق أخرى لتحديد موقع الطائرة تفادياً لأخطاء التقدير، إلا أن لهذه الطريقة بعضاً من المساوئ، كأخطاء التقدير الكثيرة التي قد تؤدي إلى نتائج سلبية، وخاصة عندما تكون المسافة كبيرة بين النقطتين من دون أن يجري الطيار التصحيح اللازم في الوقت المناسب طوال الرحلة، أو يكون ارتفاع الطائرة كبيراً، ولاسيما في حال هبوب الرياح التي تحرفها عن مسارها، والملاحة التقديرية ليست دائماً خير وسيلة في الملاحة الجوية.

3- الملاحة اللاسلكية radio navigation: هي طريقة أخرى لتحديد موقع الطائرة بالاستعانة بمحطات الإرشاد اللاسلكية الأرضية ذات التردد العالي جداً، حيث تبث هذه المحطات إشارات اصطلاحية يستقبلها جهاز خاص في قمرة القيادة مضبوط على تردد معلوم، ومسجل على الخريطة التي يستعملها الطيار، فتدله إبرة الجهاز على موقع الطائرة واتجاهها بالنسبة إلى المحطة اللاسلكية التي تبث تلك الإشارات، تستعمل هذه الطريقة، والملاحة التقديرية معاً، ليتمكن الطيار مستقلاً من معرفة موقعه وتحديده بأقل خطأ طوال الرحلة، ولا يمكن الاستغناء عن الملاحة التقديرية حتى ولو توافرت مساعدات الملاحة اللاسلكية، وذلك بسبب تقلب الطقس الذي يعرقل الاستفادة من

المساعدات الملاحية اللاسلكية ويشوش عليها، إضافة إلى عدم وضوح الإشارة اللاسلكية المستلمة واحتمال تعطل الأجهزة اللاسلكية.

4- الملاحة الفلكية celestial navigation: يحدد الطيار بهذه الطريقة موقع الطائرة واتجاه مسارها بالنسبة إلى الأجرام السماوية، متجنباً الوقوع في أخطاء التقدير، لكون هذه الطريقة مستقلة عن الملاحة التقديرية.

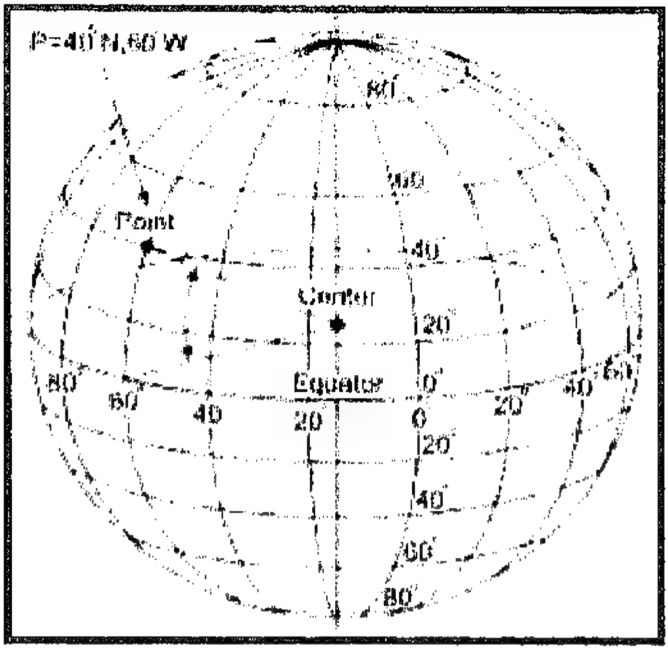
يتطلب الطيران بهذه الطريقة دراية وتخصصاً، ويجب أن يحوز الطيار شهادة خاصة بالملاحة الفلكية، وأن يتقيد تماماً بالشروط والمتطلبات التي تخوله استخدامها في الرحلات طويلة المدى، ولاسيما عبر الصحارى الواسعة، وفوق المحيطات، حيث يفتقر الطريق الجوي فيها عادة إلى المساعدات الملاحية.

تستعمل الطرائق الملاحية الثلاث المذكورة منفردة أحياناً، وأحياناً أخرى مجتمعة، حسب الضرورة، إلا أن الملاحة الفلكية تنفرد في المجالات التي تم ذكرها حين تتحقق شروط استخدامها ومتطلباته.

إضافة إلى ذلك تحتاج الطائرات عابرة المحيطات إلى أنظمة ملاحية خاصة تنبه الطيار على أي انحراف عن مساره أو تبدل في سرعة الطائرة وتقيس شدة الرياح واتجاهها، وتقوم بالتصحيح المناسب ذاتياً لتحافظ الطائرة على مسارها الصحيح.

مبادئ الملاحة الجوية:

1- خطوط الطول والعرض: تعد الأرض في الملاحة الجوية كروية تماماً (360 درجة) مع أنها مفلطحة الشكل، وتسمى الخطوط الوهمية التي تصل بين القطبين الشمالي والجنوبي خطوط الطول longitude وعددها 360 خط طول، ويعدّ خط الطول المار بغرينيتش Greenwich خط الأساس في حساب الوقت prime meridian، ويقسم الكرة الأرضية إلى قسمين في كل منهما 180 خط طول أو درجة، وكل 15 درجة ساعة (60 دقيقة).



الشكل (1) خطوط الطول والعرض على الكرة الأرضية

يتّبع التقسيم نفسه بالنسبة إلى خطوط العرض لتحديد إحداثيات الموقع شمال خط الاستواء أو جنوبه، وخط الاستواء هو الأساس لخطوط العرض، تقرأ خطوط العرض على فرض خط الاستواء 0 درجة والقطب الشمالي أو الجنوبي 90 درجة، وتقسم كل درجة إلى 60 دقيقة، والدقيقة إلى 60 ثانية (الشكل 1).

2- الوقت: تدور الأرض حول نفسها وحول الشمس وينتج من دورانها تعاقب الليل والنهار وفصول السنة، يبدأ اليوم عندما تتعامد الشمس على خط الطول غرينيتش عند الظهر (الساعة 00: 12)، وتحسب سرعة الطائرة بالساعة.

3- الخرائط: تعدّ الخرائط وثائق مهمة للملاحة الجوية، ونموذجاً لدراسة تفاصيل الأرض، وهي سطح مستو من الورق يمثل رسماً لجزء من الكرة الأرضية، إلا أن هذا ليس تمثيلاً صحيحاً لمعالم الأرض لتعرضه لشيء من التشويه، ومع ذلك فالحاجة ماسة إلى خرائط خاصة بالملاحة الجوية مليئة بالمعلومات والتفاصيل، وعليها مواقع محطات الإرشاد الملاحية والمطارات، وتختلف الخرائط باختلاف طريقة رسمها، وأهمها ثلاثة أنواع بحسب طريقة الإسقاط: فالنوع الأول ما يرسم مستوياً على سطح مستو، والثاني ما يسقط مخروطياً conic projection وهو

مرتسم لامبرت Lambert والثالث ما يسقط أسطوانياً cylindric projection على طريقة ميركاتور Mercator، يحمّل على كل نوع من هذه الخرائط الملاحية الطرق الجوية المحددة للطائرات ومسافاتها (عرض كل طريق جوي عشرة أميال بحرية، والميل البحري يساوي 1852م)، وحالة الطريق الجوي، إن كان يستعمل في اتجاه واحد أو في اتجاهين متقابلين reciprocal، والارتفاع المحدد الذي يجب أن يلتزمه الطيار، والطرق الجوية الخاصة في أيام العطل weekend routes، كذلك يسجل على الخريطة ترددات محطات الإرشاد المار فوقها وإحداثيات كل نقطة، والحدود الجوية flight information region التي لا علاقة لها بالحدود السياسية أو الجغرافية لكل بلد، وغير ذلك من المعلومات التي تهم الطيار، وهناك خرائط أخرى خاصة بالإقلاع departure والهبوط في المطارات، landing وأسلوب الاقتراب من المطار approach charts، وقواعد الاعتماد على الرؤية visual flight rules أو على معدات الطائرة instrument flight rules، وشكل المهبط runway واتجاهه بالدرجات، وطوله بالأقدام وما يعادلها بالأمتار، ونوعية سطحه إن كان إسفلتياً أو من الخرسانة المسلحة وقدرته على تحمل وزن الطائرة load classification number.

وهنالك أيضاً خرائط خاصة بالطقس weather charts، مجموعة في مصنف يدعى meto folder، تبين اتجاه الريح السائدة وسرعتها وجبهاتها الباردة والدافئة، وأنواع الغيوم وارتفاعاتها، يستعين بها الطيار لتحديد مساره وأسلوب الهبوط، كما يستعين بالمراقب الجوي air traffic controller الذي يكون على اتصال بجميع الطائرات التي تطير في المجال الجوي وينسق حركتها لتلافي الحوادث المحتملة.

مصطلحات الملاحة الجوية الأساسية:

- الطريق course: هو الاتجاه الذي يشير إليه المحور الطولي للطائرة longitudinal axis.
- المسار track: هو اتجاه مسار خيال الطائرة فوق الأرض.

- الانحداف (الانحراف) drift: هو الزاوية الكائنة بين الطريق والمسار، ويسمى يميناً starboard أو يساراً port تبعاً لوضع الطائرة بالنسبة إلى طريقها.
- زاوية الاتجاه bearing: هي اتجاه مكان ما بالنسبة إلى مكان آخر.
- زاوية الاتجاه الخلفي back bearing: هي زاوية اتجاه مكان تجاوزته الطائرة إلى آخر من دون تغيير الطريق، ويمكن أن يكون هذا الاتجاه حقيقياً أو مغناطيسياً أو بوصلياً.
- اتجاه الريح wind direction: هو الاتجاه الذي تهب منه الريح ويُعبّر عنه دائماً بالاتجاه الحقيقي.

المساعدات الملاحية navigation aids

هي الأجهزة الملاحية التي يحتاج إليها الطيار لتنفيذ الرحلة وانتقاله من مطار المغادرة حتى وصوله إلى مقصده، وأهمها:

1- البوصلة المغنطيسية magnetic compass: هي الأساس في الملاحة لمعرفة الاتجاه.
2- مؤشر السرعة الهوائية airspeed indicator.
3- عداد الارتفاع altimeter.
4- مقياس الانحراف drift meter: ويقيس زاوية الانحراف بين محور الطائرة الطولي ومسار الطائرة على سطح الأرض.
5- الأجهزة الجيروسكوبية gyroscopic instruments وتشمل:
   - مبين الاتجاه الجيروسكوبي directional gyro indicator.
   - الأفق الجيروسكوبي artificial horizon.
   - مؤشر الدوران والميل turn and bank indicator.
6- مقياس الارتفاع radio altimeter بوساطة الرادار ويشبه عداد الارتفاع العادي في شكله.
7- جهاز قياس المسافات distance measuring equipment.

8- محطة المدى في جميع الاتجاهات (منارة أومني) omni-directional radio range
والغرض من هذه المحطة تزويد الطيار بطرق جوية محددة معروفة الاتجاهات.

ولما كان الطيار بأمس الحاجة ليعرف موقعه تماما في السماء فهو في حاجة إلى إحداثيات كل نقطة والمسافات التي يفصل بينها واتجاهها، ويدخل كل المعطيات المتوافرة قبل بدء الرحلة في جهاز ملاحة يُعرف باسم أوميغا OMEGA، وقد استعيض عنه اليوم بمنظومة إرشاد أكثر فعالية هي منظومة الإحداثيات العالمية global positioning system(GPS)، وتعتمد على شبكة من 24 ساتلاً في مدارات حول الأرض توفر لمستخدميها معلومات دقيقة عن مواقعهم وتحركاتهم، وبمقارنة الزمن الذي يستغرق ورود الإشارات.

أما المعدات الأرضية المستخدمة في الملاحة الجوية فهي المحطات اللاسلكية، ومن أهمها المنارات اللاسلكية التي تُعرف باسم radio beacons وتوجد عادة في المطارات وفي النقاط المحددة لمسار الطائرة في رحلتها، ولكل منارة تردد خاص identical signal معروف ومدون على الخريطة ولها علامات مميزة تميزها من غيرها من النقاط check points، يضاف إلى ذلك ما تحتاجه الطائرات عابرة المحيطات من أنظمة ملاحية خاصة(1).

يعتمد الطيران حديثاً على أنظمة ملاحة جديدة هي منظومات الملاحة الإلكترونية electronic navigation systems بالاستعانة بالحاسوب computers والسواتل satellites، ومع تنامي الحركة الجوية air traffic صار تنسيقها ضرورياً من قبل مختصين ذوي كفاءة مميزة لضمان سلامة الحركة الجوية air traffic control ومراقبتها، ووضع قوانين وأنظمة ملزمة للجميع، وكذلك تطوير وسائل الاتصال التي يستعين بها المراقب الجوي على الأرض وفي الطائرة حرصاً على السلامة safety وعدّها الخيار الوحيد في الطيران.

ولا يكفي إرشاد الطيار وتوجيهه وهو في الجو فحسب، بل يحتاج أيضاً إلى الإرشاد حين تتحرك الطائرة فوق المدارج taxi way المحددة لها على أرض المطار

(1) GALOTTI & P.VINCENT, The Future Air Navigation System (Fans): Communications Navigation Surveillance Air Traffic Management (Ashgate Publishing; Reprinted Ed 1997).

استعداداً لبدء الرحلة، وعند درجانها على المهبط runway استعدادا للإقلاع مع مراعاة معطيات الأحوال الجوية الحالية، ومن ثم إقلاعها حتى تبلغ ارتفاعاً محدداً لها في الجو.

تحسب سرعة الطائرة بالنسبة إلى الهواء في أثناء الطيران على النحو الآتي:

1- السرعة الهوائية الحقيقية true air speed: أي السرعة التي يتم الحصول عليها من تصحيح السرعة المبينة على عداد السرعة مع المؤثرات التي تسبب تغيّرها، وبعد إجراء التصحيح اللازم يتم الحصول على ما يسمى السرعة الهوائية الحقيقية.

2- السرعة الأرضية ground speed: هي السرعة التي يُحسب على أساسها زمن الرحلة، ويتم الحصول عليها بحساب محصلة الرياح المؤثرة في الطائرة، فإن كانت محصلة الرياح إيجابية (+) فهذا يعني أن الرياح تؤثر في الطائرة من خلفها وتسمى رياحاً ذيلية tail wind، وتضاف إلى السرعة الهوائية الحقيقية للطائرة فتزيد من سرعتها، ومن ثم ينقص زمن الرحلة، وتنقص كمية الوقود المستهلكة، أما إذا كانت محصلة الرياح سلبية (-) فتكون الريح جبهية head wind ومن ثم تنقص السرعة الهوائية الحقيقية، وينتج من ذلك إطالة زمن الرحلة وزيادة كمية الوقود المستهلك.

أما أوزان الطائرة فتحددها الشركة الصانعة في دليل الطائرة ويجب التقيد بها تماماً حرصاً على السلامة وهي:

1- وزن الإقلاع الأعظمي maximum takeoff weight: الذي لا يمكن تجاوزه بأي حال من الأحوال.

2 - وزن الهبوط الأعظمي maximum landing weight.

3 - وزن الطائرة فارغة إلا من الأشياء الأساسية، ويسمى الوزن الثابت، ويشمل أيضاً وزن الركب الطائر من طيارين ومضيفين وله تسميتان:

أ- وزن التشغيل الصافي dry operating weight.

ب- وزن التشغيل الفارغ empty operating weight.

4- وزن الطائرة وفيها وزن الركاب وأمتعتهم ووزن البضاعة المشحونة قبل ملء الطائرة بالوقود، ويسمى الوزن الأقصى من دون وقود maximum zero fuel weight.

5- الوزن المفيد (المربح) pay load: وهو وزن الحمولة القصوى التي يمكن أن تحملها الطائرة.

وتختلف وحدة الوزن من شركة طيران إلى أخرى:

فإما أن تكون بالكيلو غرام (1كغ = 2.2 رطل).

وإما بالليبرة (الرطل) pound.

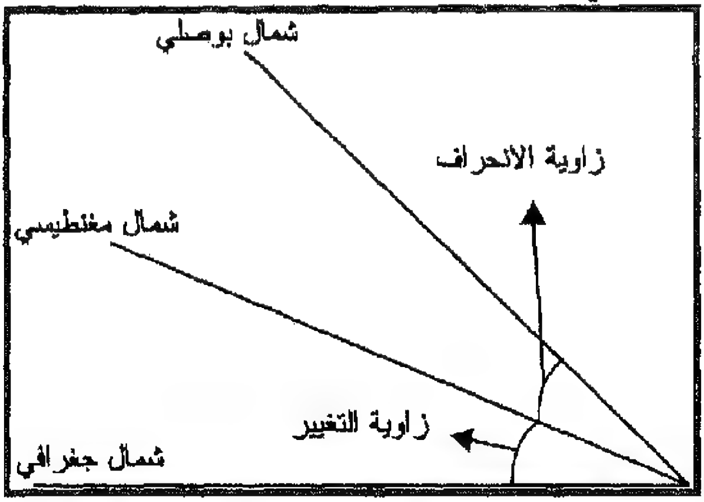
وأما وحدة الوقود فتكون بالكيلوغرام أو بالليبرة أو بالغالون gallon بنوعيه الأمريكي أو الملكي (البريطاني).

وأما وحدات المسافة فهي: الميل البحري nautical mile أو الميل الإنكليزي statute mile ويساوي 1852م، أو الكيلومتر kilometre.

تجدر الإشارة إلى أن هناك ثلاثة اتجاهات شمال لها أهميتها لتحقيق المسار الصحيح للطائرة في السماء هي[1]:

1- خط الطول الوهمي الواصل بين القطبين ويسمى الشمال الجغرافي geographical north أو الحقيقي true north.

2- الشمال المغناطيسي magnetic north (الشكل 2).



الشكل (2) الزوايا الحاصلة بين اتجاهي الشمال الجغرافي والمغناطيسي

(1) GALOTTI&P.VINCENT, The Emerging and Future Air Navigation System: Communication Navigation Surveillance - Air Traffic Management (Ashgate Pub. Ltd; 2006).

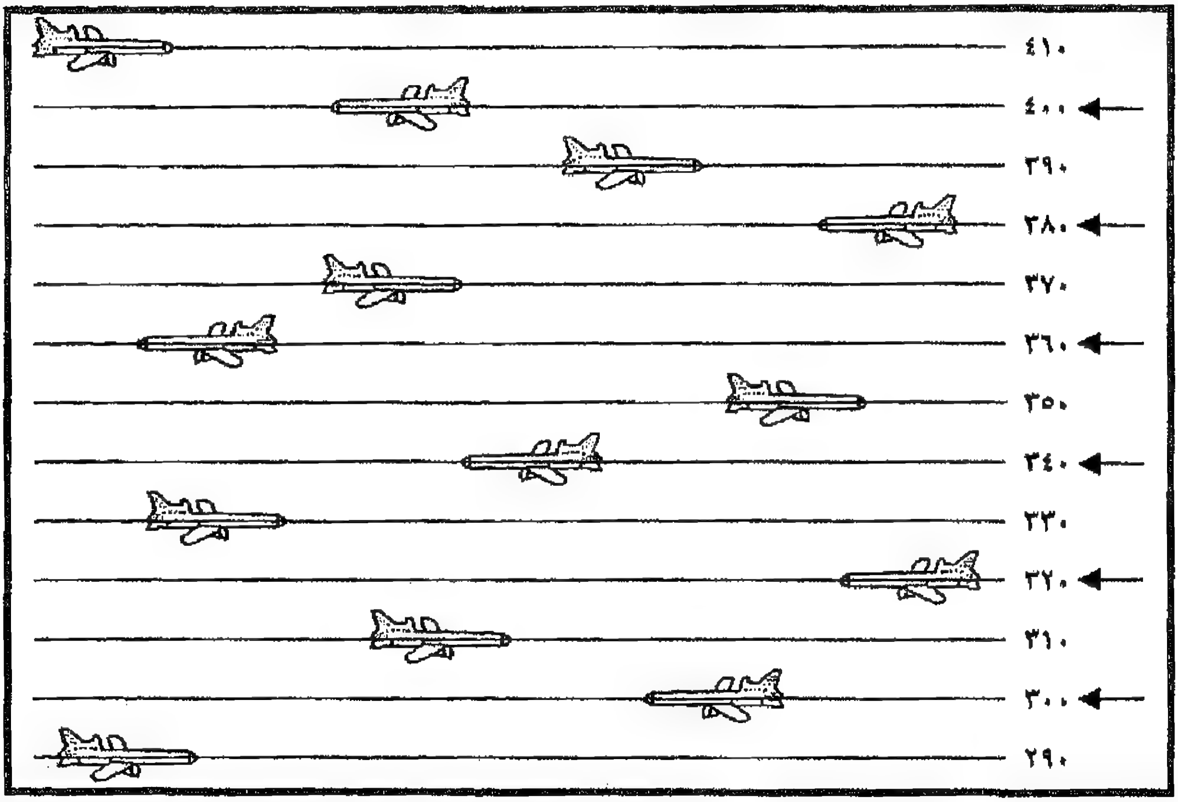
3- الشمال الذي تدل عليه البوصلة المغناطيسية أو الشمال البوصلي compass north، ويجب أخذ الفرق بين الشمالين في الحسبان لوجود خطأ في دلالة البوصلة على الشمال المغناطيسي بسبب المجال الكهرومغناطيسي لأجهزة الطائرة، والمادة التي صنعت منها البوصلة، ورأس حامل الإبرة المغناطيسية بسبب احتكاكه المستمر، والخطأ في صنع البوصلة، وأحياناً بسبب خطأ بشري.

ولضمان السلامة توجب التزام وجود وثائق على متن الطائرة تظهر مقومات تشغيلها مدون عليها تاريخ إصدارها وتاريخ انتهاء صلاحيتها، والكشوفات checks التي جرت على جميع أجزاء الطائرة ومعداتها وصيانتها بموجب جدول زمني محدد، وتعميرها ومحركاتها في أزمنة معينة محددة.

وبعد تعدد حدوث تصادمات كارثية بين الطائرات في الجو، اقتضت الضرورة وجود جهاز موثق في غرفة القيادة cockpit لمنع وقوع الحوادث وضرورة تدريب الطيارين عليه، وقد حدث تطور سريع لهذا الجهاز لتحسين أدائه يسمى "منظومة تجنب التصادم في الحركة الجوية" traffic collision avoidance system(TCAS)، وهناك جهاز آخر يسمى المنظومة المحمولة جواً لتجنب التصادم airborne collision avoidance system(ACAS)، والجهازان وإن اختلفت تسميتهما يستخدمان للغرض نفسه، ومع أن هناك أجهزة أرخص ثمناً وتفي بالغرض نفسه فإن منظمة الطيران المدني العالمي International Civil Aviation Organization (ICAO) لم تعتمدها لأن الغرض من تلك الأجهزة كان مادياً بحتاً، واعتمدت الأجهزة المصنعة من قبل شركات معينة مسؤولة ومتخصصة بهذه الأجهزة.

لم تعد الأجواء في الوقت الحاضر قادرة على استيعاب عدد الطائرات التي تحلق فيها بسبب ازدياد عدد المسافرين جواً، فتقرر عدم العمل بنظام الفصل العمودي في الارتفاع (4000 قدم) بين الطائرات، وكان المسار الذي تطير عليه الطائرات بزاوية اتجاه (0) درجة حتى 179 درجة يدعى "مفرداً" odd، وأما المسار الذي تطير عليه الطائرات بزاوية اتجاه من 180 درجة حتى 359 درجة فيدعى "مزدوجاً" even، ويكون الفاصل العمودي بين الطائرات المتقابلة 2000 قدم، وعلى

هذا الأساس اعتمد نظام آخر يستوعب عدداً أكبر من الطائرات بإنقاص الفصل العمودي الأول بين الطائرات إلى الحد الأدنى، أي 2000 قدم وإنقاص الفصل الآخر إلى 1000 قدم. وسُمّي هذا النظام "الفصل العمودي المخفض" (reduced vertical separation minima(RVSM)، وأُضيفت وثيقة أخرى إلى وثائق الطائرة تحمل هذا الاسم، وقد تطلب ذلك إضافة أجهزة إلى الطائرة لحساب الارتفاع الذي تحلق فيه الطائرة بدقة، وتدريب الطيارين عليه ومنحهم شهادة طيران وفق هذا النظام (الشكل 3).



الشكل (3) مسار الطائرات بحسب اتجاهاتها وارتفاعاتها

يتقيد الطيار حرفياً بقوانين الجو rules of the air التي وضعتها منظمة الطيران العالمي في جميع مراحل الرحلة، كما يتقيد بالتعليمات التي يصدرها له المراقب الجوي في البرج tower قبل التحرك لتنفيذ الرحلة، ومن هذه التعليمات:

- الإذن بتشغيل محركات الطائرة، والمدرج الذي سيسلكه taxiway، واتجاه المهبط runway، واتجاه الرياح السطحية وسرعتها، ودرجة الحرارة، وما

يمكن أن يعوق الإقلاع وبدء التسلق climb limit، وكذلك الضغط الجوي في المطار بالنسبة إلى سطح البحر أو إلى سطح الأرض أو بالنسبة إليهما كليهما، وتترك للطيار حرية الاختيار، وحساب وزن الطائرة عند الإقلاع.

- أما عند اقتراب الهبوط في المطار فيتولى المراقب الجوي في البرج توجيه الطيار وإصدار تعليمات الهبوط بإعلامه عن بدء خفض الارتفاع، والارتفاع الذي عليه الوصول إليه، واتجاه المهبط، وسرعة الرياح السطحية، والحرارة والضغط الجوي، وعلى الطيار ومساعده والمهندس الجوي الانتباه للضغط الجوي خاصة، لأن الخطأ في حسابه قد يسبب كارثة حقيقية تودي بحياة كل من على متن الطائرة باصطدامها الشديد بأرض المهبط. كذلك يحدد المراقب الجوي مخرج الطائرة لإخلاء المهبط والدرجان على المدرج للوصول إلى مكان التوقف parking، وتُعطى الأفضلية دائماً للطائرة الهابطة landing aircraft على حساب الطائرة المغادرة للإقلاع بسبب احتمال تعرض الطائرة الهابطة لطارئ، وعدم عرقلة أعمال الإنقاذ.

العامل البشري:

في الملاحة الجوية لا يقتصر الأمر على الركب الطائر المؤلف من طيار pilot وطيار مساعد ومهندس جوي، وقد استغني حالياً عن المهندس الجوي في الطائرات الحديثة واقتصر على الطيار والطيار المساعد فقط، لأن الحواسب تقوم مقام المهندس، غير أن الواقع يتطلب أن يسهم في توفير سلامة الطائرة عند الإقلاع وعند الهبوط "كادر" مختص يعدّ أفراده جنوداً مجهولين، منهم عمال الصيانة القائمون على صيانة الطائرة وأجهزتها الملاحية، والمراقبون الجوّيون الذين يُعدّون العيون الساهرة على توفير السلامة والأمان، ويقومون بتنسيق الأجواء بين الطائرات، والحؤول دون الحوادث التي يمكن أن تواجهها الطائرة فتودي بحياة من عليها.

ويتعاون الجميع من طيارين ومرحّلين جويين aircraft dispatchers على اختيار الطريق الجوي والارتفاع الأمثل الذي ستطير فيه الطائرة، والمطار البديل أو

الاحتياطي alternate airport لهبوط الطائرة في حال تعذر هبوطها في مطار المقصد لسبب من الأسباب، وتحديد الزمن وكمية الوقود التي يتوجب ملء خزانات الوقود بها، وكذلك الاستعانة بالمرشدات الملاحية التي ترشد الطيار إلى أي تغيّر في المنحى الذي يسلكه، والاستعانة بالسواتل التي أسهمت في ارتقاء تقنيات الطيران إضافة إلى الكم الكبير من المساعدات الملاحية، ويتّبع كل من يعمل في حقل الطيران من دون استثناء دورات تدريبية مستمرة كل عام لتحديث معلوماتهم refresher courses، والاطلاع على ما يستجد في عالم الطيران.

ومع تقدم العلم والتطور المذهل في مجال الطيران تبقى البوصلة والساعة أدوات أساسية يحتاج إليهما الطيار في عمله أينما حلق وستظل أبداً الركيزة التي يعتمد عليها.

مستقبل الملاحة الجوية والآفاق المستقبلية:

ما يزال الطيران يشغل بال المختصين والعاملين في هذا المجال في سعيهم نحو الكمال، والاستفادة مما لديهم من تقنيات حديثة، وفي كل يوم يتوصل المهندسون إلى مفاجأة هدفها خدمة الإنسان وتوفير راحته وأمنه في السفر، واختصار الزمن الذي يقضيه في سفره من بلد إلى آخر، ويصعب بل يستحيل التكهن بالحد الذي ستتوقف فيه الملاحة الجوية عن التطور[1].

المنارة البحرية Lighthouse

المنارة لغةً موضع النور، ويطلق الاسم على المنار والمسرجة والمئذنة، والمنارة lighthouse اليوم بناء برجي مرتفع، يصدر نوراً في الليل لإرشاد السفن والبحارة إلى البر والمرفأ، وتحديد موقعهم وتحذيرهم من الأخطار التي قد يتعرضون لها.

والفنار beacon يعني الفانوس أو الضواية (والأصل ضواءة) وهو آلة مدورة ذات أضلاع من حديد مغشاة برقيق الكتان الصافي البياض يغرز في أسفل باطنها

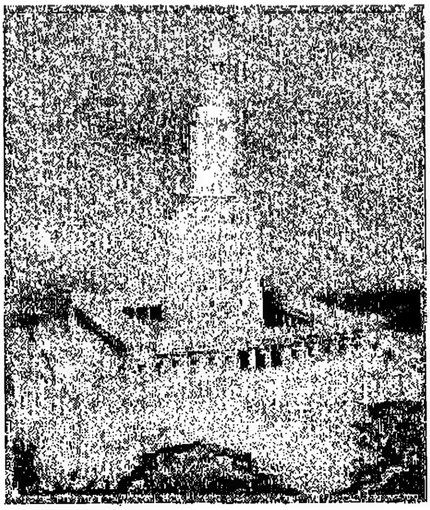
(1) الموسوعة العربية، غسان ماهر الجزائري، المجلد التاسع عشر، ص393، (بتصرف).

شمع للاستضاءة، ويطلق الاسم اليوم على مجموعة الإضاءة في المنارة يستضيء بها الملاحون، والناس تخلط بينهما فيسمون المنارة فناراً، من باب إطلاق الجزء على الكل.

يمكن تعرف المنارة من البحر من شكلها ولون بنائها، ومن ضوئها ونظام ومضانه، أو من رموز شاراتها الراديوية، وتختلف المنارات عن عوامات الإرشاد والفنارات الصغيرة بكونها منشآت مجهزة بأماكن لإقامة العاملين فيها.

لمحة تاريخية:

تُعد المشاعل الجد الأبعد للمنارات، وكانت مجرد نيران توقد على ذرى المرتفعات الساحلية يسترشد بها النوتية، وقد ورد ذكرها في الإلياذة والأوديسة (القرن 8 قبل الميلاد)، ثم استبدل بها سلال من حديد معلقة على عُمُد أو فوق أبراج تملأ حطباً أو فحماً وتضرم فيها النار، وقد بقيت هذه المشاعل مستخدمة حتى القرن الثامن عشر، وكان الملاحون العرب يستعينون بها لتهديهم إلى البر أو إلى المناطق الخطرة في الممرات البحرية، ويذكر أبو زيد السيرافي في كتابه "أخبار الصين والهند" أنه في سنة 277هـ كانت هناك مياه ضحلة عند مدخل الخليج العربي تتحطم عليها المراكب، فأقيمت فيها قواعد من الخشب وأبراج، توقد على رؤوسها مشاعل في الليل ترشد المراكب إلى المسالك الآمنة.



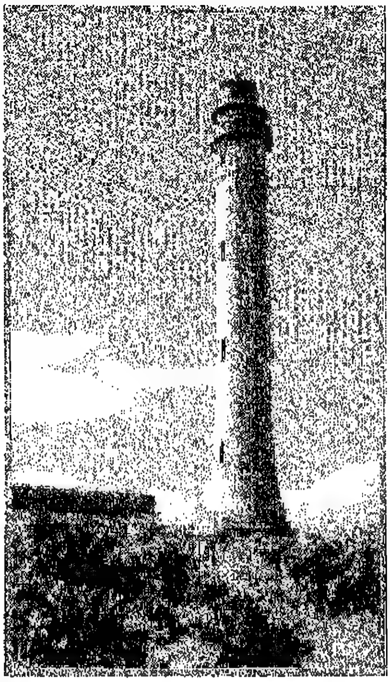
الشكل (1) مجسم منارة الإسكندرية

أما أول منارة معروفة شيدها الإنسان من الحجر فهي منارة الإسكندرية الشهيرة (شكل 1) التي أنشئت عام 285ق.م على جزيرة فاروس Pharos عند مدخل مرفأ المدينة، وكانت من عجائب الدنيا السبع، وقُدر ارتفاعها بنحو 134 متراً، وكانت تتألف من ثلاثة أدوار (طوابق)، الأرضي مربع، والأوسط مثمن، والعلوي أسطواني الشكل، وقد تصدعت وانهار جزء منها بفعل زلزال ضرب المنطقة عام 703 هـ/1302م، وتداعت تماماً في زلزال ثانٍ ضربها عام 735هـ/1334م، وفي عام 884هـ/1487م شيد السلطان الملك الأشرف قايتباي فوق أنقاض المنارة حصناً وجعل عليه مكاحل البارود (مدافع)، وكانت توقد مشاعل على سطحه في الليل لهداية المراكب القادمة من البحر، إلى أن أنشأ محمد علي باشا سنة 1848 المنارة الحالية في رأس التين.

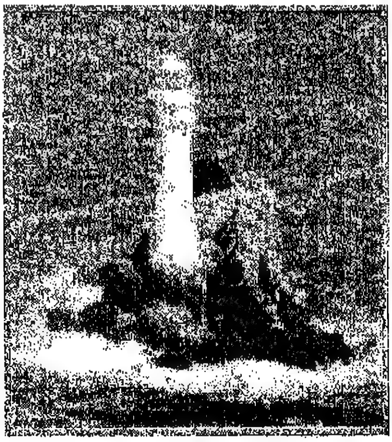
كذلك أنشأ الرومان منارات في عدة مرافئ من أوربا بين روما ودوفر (بريطانيا)، ومن أشهر المنارات في العصور الوسطى منارة جنوا التي شيدت عام 1161، غير أن بناء المنارات لم يُحظ بالاهتمام على نطاق واسع إلا في عصر الكشوف الجغرافية بدءاً من القرن السابع عشر عندما نشطت الملاحة في أعالي البحار واتسعت التجارة، فوضعت الخرائط الملاحية وأقيمت المنارات على الصخور والجروف وأماكن الرسو، وكانت أول منارة في المستعمرات الأمريكية هي منارة مرفأ بوسطن التي شيدت عام 1716م، وفي العالم اليوم أكثر من 50000 منارة.

في أواخر القرن العشرين هُجِر معظم المنارات أو قل الاهتمام بها، فقبل استخدام المصابيح الكهربائية كان من الضروري وجود حارس للمنارة يُبقي الفنار الغازي موقداً، ومراياه العاكسة ونوافذه نظيفة، ومع استخدام الكهرباء أصبح معظم المنارات في الوقت الحاضر مجهزاً بأضواء تعمل أتماتياً ولا يحتاج إلى خدمة دائمة وعمال مقيمين، ومع تطور منظومات الملاحة الإلكترونية -electronic navigation systems التي يمكن أن تزود بها المراكب من جميع الحجوم- والاعتماد على السواتل تقلص دور المنارات الكبيرة، وقلت أهمية الأضواء القوية، وخاصة لدى الاقتراب من اليابسة، في حين زادت أهمية عوامات

الإرشاد والفنارات، لكونها ما تزال ضرورية لإرشاد الملاحين إلى الممرات الخفية في السواحل كثيرة التعاريج وعند الاقتراب من المرافئ الكثيفة الحركة، ووسيلة ضمان إضافية يعتمدونها مع الوسائل التقنية المعقدة، كما يمكن للمراكب غير المجهزة بالمعدات التقنية الاستفادة منها.



الشكل (2) منارة قديمة على جزيرة تافاسا في الكاريبي



الشكل (3) منارة على صخرة فاستنت جنوب بريطانيا في المحيط الأطلسي

بنية المنارة الحديثة ومظاهرها:

مع بقاء الحجارة والقرميد والخشب بين المواد الأولية الأساسية في بناء المنارات غدت الخرسانة والفولاذ أكثرها استعمالاً، لسهولة عمارتها ورخص

تكاليفها نسبياً، إضافة إلى إمكانات توفير الشروط الجمالية في البناء، وتمكن أساليب البناء الحديثة من إقامة المنائر في الماء مباشرة.

تختلف المنارات من حيث الشكل والتصميم والألوان من مكان إلى آخر، ولكن أغلبها مربع أو مستدير أو مخروطي محدب، قاعدته أكبر قطراً من ذروته لتخفيف وقع ارتطام الأمواج على جدران المبنى في الأوقات العاصفة، وتستخدم الحوامات اليوم على نطاق واسع في خدمة المنارات وصيانتها، وبالتالي تشتمل هذه المنارات عادة على مهابط للحوامات قد تكون فوق فنارها مباشرة.

الإنارة:

لم يتوقف استعمال الحطب في المنائر حتى عام 1800، مع أن استعمال الفحم شاع منذ عام 1550، وأهم سيئات هذه المواد كمية الدخان المنبعثة منها، والسخام الذي يسوّد المصابيح والمرايا ويحجب الضوء.

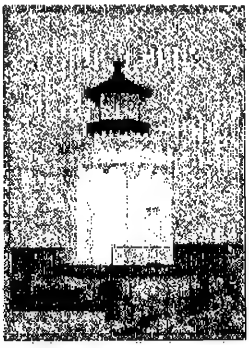
مصباح أرغان: في عام 1782 توصل العالم السويسري أيمي أرغان Aime Argand إلى اختراع فانوس زيتي عديم الدخان أحدث ثورة في إضاءة المنارات، وكان يتألف من فتيل مغموس بالزيت تحيط به أسطوانة من زجاج تعمل عمل مدخنة تسمح بتوزع تيار الهواء في مركز الفتيل وسطحه الخارجي بالتساوي، بحيث يكون الاحتراق تاماً، وكان الوقود المستخدم زيت السمك، ثم حلت محله الزيوت النباتية فالمعدنية بدءاً من عام 1860، وبقي هذا المصباح أساس الإنارة في المنائر طوال مائة عام.

مصباح بخار الكيروسين: وفي عام 1901 اخترع آرثر كيتسون Arthur Kitson من بريتاني حرّاقاً يعمل على بخار الكيروسين (زيت الكاز) vaporized oil burner الممزوج بالهواء المضغوط.

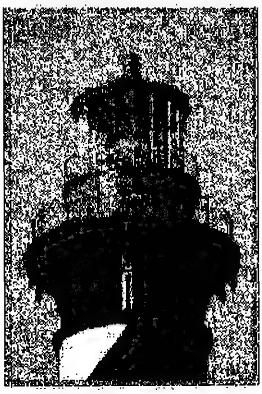
مصابيح الغاز: بعد التوصل إلى توليد غاز الأسيتيلين acetylene gas من تفاعل كربيد الكلسيوم carbide calcium مع الماء في بدايات القرن العشرين فُتح الباب أمام استخدامه في المنارات، وزاد انتشاره مع إدخال الأسيتيلين المذاب بالأسيتون، وتوصل السويدي غوستاف دالن Gustaf Dalén إلى حرق الأسيتيلين

ممزوجاً مع الهواء في قميص غير قابل للاحتراق عام 1910 ، وأنتج ضوءاً مكافئاً لضوء المصباح الزيتي ويمتاز منه بإمكانية التحكم في ضيائه، وأدى ذلك إلى تحقيق إضاءة أتماتية لا تحتاج إلى تدخل خارجي، كذلك اخترع دالن جهازاً لتبديل القميص أتماتياً عند انهيار القميص السابق، وصماماً شمسياً يطفئ المصباح في ضوء النهار ويشعله ليلاً للاقتصاد في استهلاك الغاز، وفي فترة لاحقة تم استخدام غازات النفط المسالة، كالبروبان والبوتان، غير أن طغيان الكهرباء أنهى وجودها.

مصابيح الكهرباء: بدأت إنارة المنارات باستخدام القوس الكهربائية في زمن مبكر ومصابيح الغاز ما تزال في مهدها، غير أنها لم تصمد أمامها لصعوبة التحكم بها وكلفتها الباهظة، وبعد أن شاعت المصابيح الكهربائية ذوات السلك electric filament lamps في عشرينات القرن العشرين غدت وسيلة الإضاءة الأساسية، ومعظمها من نوع التنغستين- هالوجين لطاقتها الكبيرة وعمرها المديد، وهناك أنواع جديدة من المصابيح الاقتصادية والفاعلة تم تبنيها في كثير من المنارات اليوم، ومنها المصباح الأنبوبي المدمج compact source discharge tube lamp.



الشكل (4) فنار منارة في جنوب بورتلند (الولايات المتحدة) على المحيط الأطلسي



الشكل (5) الفنار كما يبدو من أعلى المنارة

التجهيزات البصرية:

- المرايا المقعرة الدوارة: بعد إدخال مصباح أرغان أصبح بالإمكان تطوير منظومة عدسات بصرية إلى المنارات لزيادة كثافة الضوء، وأولها ما يسمى "منظومة العواكس" catoptric system التي تركز الضوء في شعاع واحد، وكانت تتألف من شبكة زجاجية مفضضة ذات عدد كبير من السطيحات الصغيرة مقولبة في إطار من الجص ذي قطع مكافئ paraboloidal form. كذلك شاع استعمال العواكس المعدنية المفضضة أو المصقولة جيداً والمكيفة الشكل، ولكنها كانت عرضة للتلف السريع نتيجة الحرارة والصدأ، وأفضلها العواكس النحاسية المطلية بطبقة سميكة من الفضة، ومع تركيز الضوء في شعاع مكثف واحد كان من الضروري أن يدور هذا الشعاع ليرى من جميع الجهات على شكل ومضات متتابعة.
- العدسات المريعة والأسطوانية: في عام 1828 ابتكر الفرنسي أوغسطين فرسنل Augustin Fresnel أول جهاز يستفيد من ميزة كسر الزجاج للضوء، يعرف اليوم باسم "منظومة الانكسار" dioptric system، وكان يتألف من عدسة مركزية نصف كروية bull's eye تحيط بها سلسلة من الحلقات الزجاجية الموشورية المتحدة المركز، تركز الضوء في شعاع أفقي ضيق، ومع تعدد ألواح العدسات حول المصباح يصبح في الإمكان إنتاج شعاع دائري مصدره منبع ضوئي واحد، ولتجميع أكبر كمية من الضوء المشتت أضاف فرسنل مقاطع مثلثية موشورية فوق العدسات وتحتها لتكسر الضوء وتعكسه، وبهذه الطريقة تمكن من زيادة زاوية سقوط هذه الأشعة العلوية والسفلية لتصدر أفقياً، وهكذا وُلد ما يسمى "منظومة فرسنل كلية الانكسار" Fresnel catadioptric system، وهي أساس منظومات العدسات في كل المنارات اليوم، وطور فرسنل ابتكاره، بأن صنع عدسة أسطوانية منتفخة cylindrical drum lens تركز الضوء في شعاع مروحي، وتبث ضوءاً ثابتاً في كل الاتجاهات.

تتألف منظومة فرسنل من أربعة ألواح عدسات ارتفاعها 3م ترتكز على منصة دوارة أعلى من الحراق بـ 2.1م، وتعوم على حوض فولاذي مملوء بالزئبق لمنع الاحتكاك، ولا يقل وزن المجموعة عن 5 طن، تدور برتابة بآلية ميكانيكية ذات ثقل كآلية الساعة weight-driven clockwork، أو بضغط الغاز، أو بمحرك كهربائي، كما غدا من الممكن مع التقانة الحديثة صنع العدسات من البلاستيك الشفاف الأخف وزناً والأرخص ثمناً وتقليص ارتفاعها إلى نحو 75سم، واعتماد المدارج الكروية لارتكازها، وتستخدم اليوم عدسات أسطوانية مدمجة صغيرة على نطاق واسع في الفنارات الأرضية وعوامات الإرشاد تضيء وتنطفئ أتماتياً وفق الرمز المحدد لكل منها، أما الإضاءة فيوفرها مصباح كهربائي تراوح استطاعته بين 5 واط للعوامات و250 واط للفنارات الكبيرة[1].

شدة الإضاءة ومدى الرؤية:

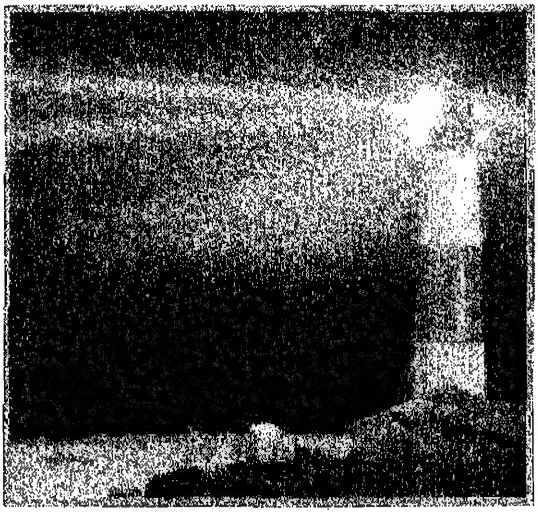
تراوح شدة إضاءة شعاع الفنارات بين بضعة آلاف وبضعة ملايين كانديلا، أما المدى الذي يمكن منه رؤية ضوء المنارة فيتوقف على الشروط الجوية والارتفاع مع مراعاة تحدب الأفق الجغرافي للأرض، ويقدر مدى الرؤية الجغرافي من ارتفاع صفر في حدود 16 ميل بحري، أي ما يعادل 30كم.

التمارف والهوية:

تومض معظم المنارات وتطفئ نورها وفق تواتر يحدد هويتها، والنموذج الذي يتبع في بث الوميض وانطفائه يسمى "طابع الضوء" character of the light، أما الفاصل الزمني الذي يتكرر فيه النموذج فيدعى "الفترة" period، وعدد المرات التي يتكرر فيه الطابع لكل منارة محدد باتفاقات دولية من قبل الهيئة الدولية لسلطات المنائر International Association of Lighthouse Authorities في باريس، التي تضم أكثر البلدان البحرية، ويمكن للمنارة بموجب تلك الاتفاقات تكرار

(1) RAY JONES, The Lighthouse Encyclopedia: The Definitive Reference (Globe Pequot 2004).

وميضها بفاصل 5 أو 10 أو 15 ثانية، وقد يتم بمجموعات من ومضتين اثنتين أو ثلاث أو أربع ومضات مع اختفاء الضوء بين الومضة والأخرى ثم انطفاء الضوء بضع ثوانٍ بين المجموعات، ويتكرر هذا النموذج رتيباً بفواصل من 10 أو 20 ثانية، وهو ما يسمى "مجموعة ومضات الضوء"، وهناك فئة أخرى تتبنى "الأضواء المستترة" occulting lights ينار فيها الضوء لحظة ثم يطفأ، مع استتار قصير الأمد يفصل بين مدتي إضاءة أكبر، وهناك صنف خاص يتبع الإضاءة والإطفاء بالتناوب بمدد متساوية.



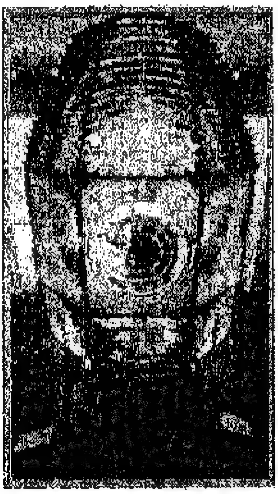
الشكل (6) ضوء المنارة كما يبدو ليلاً

تسمى المنارات التي تضيء باستمرار منارات ثابتة، وهي تخصص لإعطاء البحارة معلومات دقيقة عن وجهتهم في الموانئ وعند مداخلها، فمنارات التوجيه في المرافئ ومصبات الأنهار تعطي ضوءين مفصولين واضحي المعالم أحمر وأخضر للحركة ذهاباً وإياباً، أو بنصب فنارين ثابتي الضوء مختلفي الارتفاع يبعد أحدهما عن الآخر نحو نصف ميل بحري، يوجه الملاح مركبه بحيث يرى الفنارين متراكبين على خط واحد، كذلك تستعمل أنوار ليزرية لهذه الغاية، كما تستعمل لتنظيم الحركة عند مداخل الموانئ مناثر مرور ذات ضوء قوي بالألوان الأخضر والأحمر والأصفر منصوبة على عمود قائم بحيث تُرى جيداً في النهار.

تطلى أبنية المنارات بألوان تميزها من محيطها، فالمنارات الشاطئية تطلى باللون الأبيض عادة، أما في عرض البحر فتميز برسم شرائط متوازية أو لولبية ذات ألوان متباينة على بنائها غالباً ما تكون باللون الأحمر والأسود(1).

الإشارات الصوتية:

تطلبت الملاحة منذ العهود القديمة وجود وسيلة صوتية إضافية للتحذير بسبب إمكانات الرؤية المحدودة، وأول وسيلة استعملت لهذه الغاية كانت الأجراس والمدافع، ثم الحشوات المتفجرة التي تثبت على سطح الفنار وتصعق كهربائياً، وقد تحتوي الحشوة على مغنيسيوم لإصدار وميض مشع، يسمع الانفجار على مسافة أربعة أميال بحرية، وتستعمل اليوم الصافرات والأبواق التي تعمل بالهواء المضغوط والكهربائية.



الشكل (7) منظومة عدسات فرنسل

التسهيلات الراديوية:

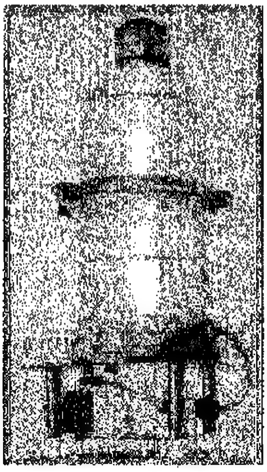
لا يمكن للمنظومات الملاحية اللاسلكية المعقدة أو المنظومات التي تستخدم السواتل لتحديد المواضع أن تحل تماماً محل المنائر، أما الفنارات الراديوية

(1) SAMUEL WILLARD CROMPTON, MICHAEL J. RHEIN, The Ultimate Book of Lighthouses: History - Legend - Lore - Design - Technology - Romance (Thunder Bay Press 2003).

والرادارية فيمكن أن تكون بديلاً مكافئاً للعلامات البحرية المرئية التي تصبح عديمة الجدوى في حال الرؤية المحدودة.

ظهرت المنارات الراديوية أول مرة في عشرينات القرن العشرين، وتعمل على ترددات بين 285- 315 كيلو هرتز، وترسل إشارة تستمر دقيقة واحدة، يليها هوية المنارة برموز المورس، تكرر مرتين أو ثلاث مرات، ثم فترة بث مستمر يتمكن في أثنائها مستقبل الكشف والتوجيه على المركب من تلقي المعلومات الضرورية بدقة، تختلف ترددات المنارات فيما بينها في مختلف أنحاء العالم، وقد تبث على عدة قنوات.

أما منارات الاستجابة الرادارية radar-responder beacons، وتسمى راكون racon، فتبث عند تلقي إشارة استفهام من رادار السفينة وترد عليها بنبضة جوابية مرمزة تظهر على شاشة رادار المركب، تعمل هذه المنائر على حزمة الترددات الرادارية البحرية بين 9300- 9500 ميغاهرتز، وبين 2900- 3100 ميغاهيرتز، وأول ما استخدمت عام 1966، وهناك اليوم المئات منها في الخدمة.



الشكل (8) فنار يركب على عمود

الفنارات العائمة:

تتألف الفنارات العائمة من السفن- المنارات وعوامات الإرشاد، وهي تحتل مكانة مهمة في المياه الساحلية لإرشاد المراكب العابرة أو المتوجهة إلى الميناء أو المغادرة، ولها قدرة كبيرة على المناورة بها بحسب الضرورة.

تستخدم عوامات الإرشاد لتوجيه الحركة في الممرات والأقنية والنقاط المهمة ومداخل الموانئ والمناطق الخطرة وحطام السفن وغيرها، وتصنع من ألياف الزجاج أو من صفائح الفولاذ السميكة بقطر يراوح بين متر ومترين، مع ثقل موازن، وقد يصل وزنها إلى 8 طن، تربط العوامة بزنجير أو كبل طويل ومتين إلى مراس من الخرسانة المسلحة أو الحديد الصب على قاع البحر، أما فنارها فيكون على ارتفاع 3- 5م فوق سطح الماء، وقد تُزود براكون أو عاكس راداري، وشارات تعمل في الضباب.

لائحة المنائر:

تصدر كل الدول البحرية لائحة المنائر، وهي "كتالوج" شامل لمواصفات كل المنائر والفنارات والعوامات التي تديرها وأماكنها، وكل تبديل يطرأ عليها يُعلم عنه الملاحون في حينه وتجدد اللائحة والخرائط المتعلقة بها، كما تبث المعلومات الطارئة بموجب توقيت مبرمج عن طريق الراديو والسواتل بإشراف منظمة الهيدروغرافيا الدولية The International Hydrographic Organization في موناكو[1].

المنشآت الرياضية: Sport venues

لمحة تاريخية:

صقلت الرياضة حياة البشر على مر العصور، فقد تطورت منذ أقدم العصور واحتلت مكانة لائقة في حياتهم اليومية، وحملت أحياناً ممارسة الرياضة من خلال المسابقات أو التسلية طابع الاحتفالات الدينية وفي بعض الأحيان الأخرى طابع التدرب القتالي، إضافة إلى الفائدة الصحية، وموريست الرياضة في بعض المراحل التاريخية من قبل الطبقة العالية التي لديها وقت فراغ وذلك في أفنية المعابد والساحات العامة.

بني أول مجمع رياضي في التاريخ في القرن الخامس قبل الميلاد في أولمبيا باليونان وكان يحتوي على عدة أبنية رياضية منها: "الستاد" (الملعب المدرَّج)

(1) الموسوعة العربية، محمد وليد الجلاد، المجلد التاسع عشر، ص509، (بتصرف).

و"الباليسترا" (مجال الرماية) و"الغمنازيوم" (ألعاب القوى) والمسبح إضافة إلى الحمامات والمشالح (الشكل 1).

بعد أفول شمس الحضارة اليونانية وبزوغ شمس الإمبراطورية الرومانية بُني المدرج الروماني Amphitheatre لتمارس على حلبته ما يسمى الرياضة الدموية (القتال حتى الموت- مصارعة الوحوش)، وليستمتع الجمهور ويشاهد هذه الرياضة جالساً على مدرجاته، وقد استخدمت فيه تغطية خفيفة من القماش والحبال علقت على دعامات في أعلى المدرج لتقي الجمهور أشعة الشمس.

بُنيت أول صالة رياضية مغلقة في العصر الحديث في الولايات المتحدة الأمريكية في التسعينيات من القرن التاسع عشر، وكانت صالة كبيرة متعددة الاستعمالات، تحوي أماكن مؤقتة لجلوس الجمهور.

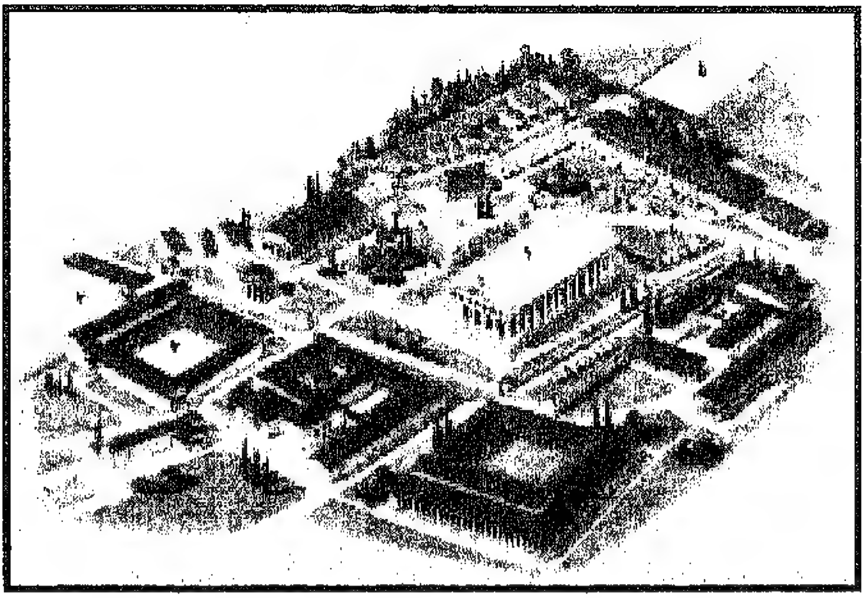
وفي العشرينيات من القرن العشرين ظهرت صالات رياضية، وأخذت تتطور تدريجياً حتى وصلت إلى ما هي عليه اليوم.

أنواع المنشآت الرياضية:

تصنف المنشآت الرياضية ضمن ثلاث مجموعات:

- الملاعب المكشوفة: مثل ملاعب كرة القدم، مضمار الجري، ساحات ألعاب القوى، ملاعب التنس، ميادين سباق الخيل، حلبات سباق السيارات والدراجات، ساحات الألعاب الشتوية (جميع الألعاب التي تقام على الثلج والجليد).
- الصالات المغلقة: هي ملاعب مغطاة تجري فيها مسابقات بألعاب الكرات والقوى والجمباز والجودو والكاراتيه والمصارعة والملاكمة وغيرها، وقد تكون هذه الصالات عامة أي مخصصة لجميع الألعاب أو خاصة أي متخصصة بلعبة معينة مثل صالة الجمباز أو ألعاب القوى أو كرة السلة.
- المسابح: وتشمل أحواض السباحة وأحواض الغطس وتجري فيها مسابقات السباحة والغطس وكرة الماء والسباحة التوقيتية، والمسابح يمكن أن تكون مغلقة أو مكشوفة، فتستخدم المسابح المغلقة في الدول الباردة أو في أوقات

الطقس البارد والماطر، واستعملت التغطيات المتحركة (القابلة للفتح والإغلاق) في تغطية المسابح لتضمن استخدامها على مدار العام.



الشكل (1) المجمع الرياضي في أولومبيا(القرن الخامس قبل الميلاد)- اليونان

1- معبد زيوس 2- الباليسترا 3- الغمنازيوم 4- الإستاد 5- الحمام وحوض السباحة

عناصر المنشأ الرياضي:

يحتوي المنشأ الرياضي على ثلاثة عناصر هي:

1- ساحة اللعب.

2- مدرجات الجمهور.

3- خدمات الرياضيين (غرف للحكام، مدربون، مستوصف، مشالح، حمّامات، دورات مياه ومقاصف).

ساحة اللعب هي العنصر الأساسي في الأبنية الرياضية، وتأخذ أشكالاً مستطيلة أو مربعة أو دائرية أو بيضوية، وهي تحدد حجم البناء، ولها ثلاثة مقاسات هي: الصغيرة 20×40م والمتوسطة 30× 60م والكبيرة 55 ×110م.

تتوضع مدرجات الجمهور في المنشآت الرياضية حول ساحة اللعب، ويتعلق شكل توضعها وحجمها بشكل ساحة اللعب ونوعها من جهة واللعبة الرياضية الأساسية التي تجري عليها من جهة أخرى، يتخذ توضع المدرجات في المنشآت الرياضية عدة أشكال

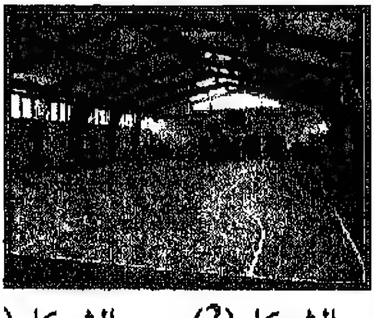
منها: التوضع من جهة واحدة أو جهتين أو ثلاث جهات أو أربع جهات، ويجب أن يكون هذا التوضع متناظراً بالنسبة إلى المحاور الأساسية لساحة اللعب، يتعلق حجم المدرجات وبعدها عن ساحة اللعب بوضوح الرؤية، فالمتفرج الجالس في المدرجات يجب أن يرى بوضوح أداة اللعب في أبعد نقطة من ساحة اللعب، وهذا ما يسمى بالبعد الأقصى.

الجمل الإنشائية المستخدمة في تغطية المنشآت الرياضية:

إن اختيار الجملة الإنشائية structural systems له أهمية كبيرة بالنسبة إلى التكوين المعماري والفراغي، فبقدر ما يعد الإنشاء وسيلة لتجسيد البناء وثباته، فإنه يجب أن ينسجم مع المتطلبات الوظيفية والفراغ الداخلي للمنشأ الرياضي، ويؤثر اختيار مادة البناء في مجازات spans هذه الجمل ومقاطعها الإنشائية، وقد استخدم الخشب في إنشاء عدد من المنشآت الرياضية شمالي أوربا وأمريكا واليابان، كذلك استُخدم البيتون المسلح والمعدن فيها وفي باقي دول العالم.

تقسم الجمل الإنشائية المستخدمة في تغطية المنشآت الرياضية تبعاً لطريقة نقل الحمولة فيها إلى التربة إلى قسمين: مستوية وفراغية.

الجمل الإنشائية المستوية: ينقل العنصر حمولته في المستوي الشاقولي الواقع فيه فقط إلى الإطارات والأقواس وجملة العمود والجائز، تستخدم الإطارات وجملة العمود والجائز في المنشآت التي تحتوي على ساحة لعب صغيرة ومن دون مدرجات بحيث لا يتجاوز مجاز البناء (25م) وغالباً ما يخصص هذا البناء صالة تدريبية، في حين تستخدم الأقواس في المنشآت التي تحتوي على ساحة لعب متوسطة وكبيرة مع مدرجات للجمهور ولمجازات كبيرة قد تصل في بعض الأحيان إلى60م وأحيان أخرى إلى أكثر من 200م.



الشكل (2)

الشكل (3) استخدام الأقواس في تغطية المنشآت الرياضية

تستند الإطارات إلى الأساسات مباشرة (الشكل 2)، ويمكن أن تكون متعددة الأضلاع، القوس هي إطار يصل عدد أضلاعه إلى ما لا نهاية (الشكل 3) ولها عدة أشكال قوس كاملة، غير كاملة، ناهضة على شكل قطع مكافئ، قوس مدببة، تأخذ الأقواس أشكالاً متعددة تبعاً للمجاز، فكلما كبر المجاز قلّ انحناء القوس، تستند الأقواس إلى الأرض مباشرة أو ترتفع فوق دعامات.

الجمل الإنشائية الفراغية: ينقل العنصر حاملاً فيه حمولته في أكثر من مستوى، مثل القباب والقبوات والبلاطات المثنية والسطح الشبكي الفراغي والمتغطيات المعلقة والمنفوخة وغيرها.

البلاطات المثنية: هي جملة إنشائية فراغية مؤلفة من سطوح غير واقعة في مستوى واحد تتصل بعضها مع بعض اتصالاً صلداً، وهذه السطوح يمكن أن تكون مستوية فتشكل بلاطات موشورية أو غير موشورية، أو سطوحاً منحنية فتشكل قباباً مضلعة.

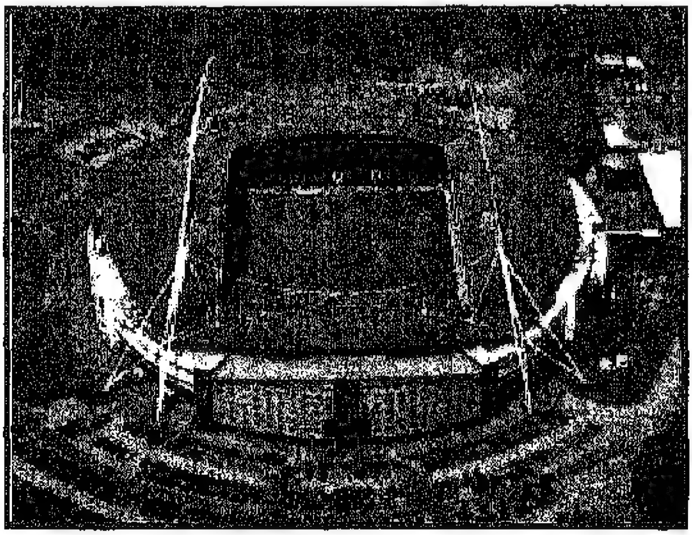
السطح الشبكي الفراغي: هو جملة إنشائية فراغية مؤلفة من مجموعة من العناصر الخطية المترابطة بعضها مع بعض وغير الواقعة في مستوى واحد، ويتألف السطح من الشبكة العلوية والشبكة السفلية ومجموعة من العناصر الرابطة الوسطية، يأخذ السطح الشبكي الفراغي عدة أشكال: مستوٍ أو منحنٍ باتجاه واحد (شكل القبوة) أو منحنٍ باتجاهين (شكل القبة)، الوحدة الأساسية المشكلة للسطح الشبكي الفراغي هي مجموعة من العناصر تشكل بذاتها حواف أسطح لعدة حجوم تنطلق من شكل المكعب، وتتشكل هذه الحجوم من ربط أقطار المكعب بأقطار سطوحه أو مراكز هذه السطوح، بحيث تشكل حجوماً مختلفة مثل الهرم الرباعي أو الخماسي أو السداسي أو تشكل حجوماً موشورية أو حجوماً تأخذ شكل الجذع الهرمي أو الموشوري، وتوضع هذه الحجوم بعضها بجانب بعض لتشكل السطح الشبكي الفراغي.

تكون مساحة التغطية كبيرة في المنشآت التي تستخدم القباب والقبوات والبلاطات المثنية والقشريات في تغطيتها مقارنةً بمساحة التغطية المستخدمة في

المنشآت التي تعتمد السطح الشبكي الفراغي والجمل المعلقة في تغطيتها، هذا يؤثر كثيراً في الكلفة الاقتصادية للبناء.

الجمل الإنشائية المعلقة: هي جملة إنشائية يعمل العنصر الأساسي الحامل فيها على الشد، وهذا العنصر يمكن أن يكون مرناً على شكل كبل أو صفيحة، أو صلداً على شكل مقطع معدني أو جائز (الشكل 4)، تشكل الجمل الإنشائية المعلقة سطوحاً مفردة الانحناء مثل القشريات المعلقة أو مزدوجة الانحناء مثل شكل سرج الحصان (المنحنيان متعاكسان في الاتجاه) (الشكل 5) والسطح المقعر (المنحنيان متماثلان في الاتجاه).

تعدّ التغطيات المعلقة من أكثر الجمل الإنشائية اقتصاداً وسرعة في التنفيذ، وكلما ازداد مجاز التغطية صغرت نسبة الوزن الذاتي للتغطية إلى مجازها ومن ثم تصبح أكثر اقتصاداً، وهذا على عكس جميع باقي الجمل التي تكون فيها هذه النسبة أكبر ومن ثم تكون أقل اقتصاداً، ومن هنا فإن معظم المنشآت الرياضية في العالم بما فيها التي أنشئت للدورات الأولمبية، بدءاً من منشآت الألعاب الأولمبية في طوكيو عام 1964 استخدمت الجمل المعلقة في تغطيتها بصورة أساسية[1].



الشكل (4) استخدام التغطيات المعلقة في تغطية المنشآت الرياضية

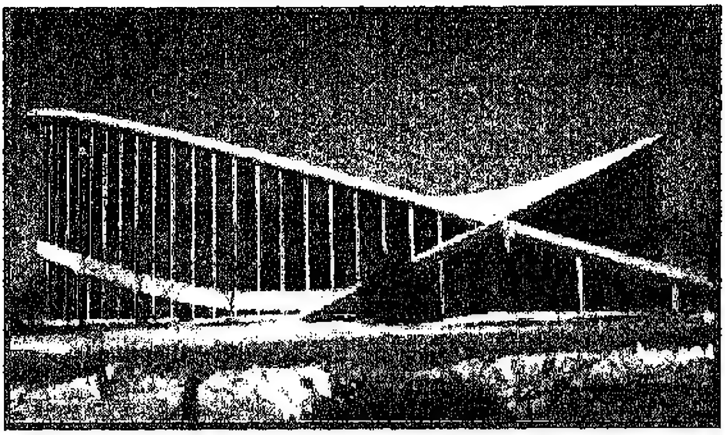
(1) J. SCHAICH & R.BERGERMANN, Light Structures (Bristol, London 2003).

المنشآت الرياضية في العالم:

اتخذت المنشآت الرياضية في النصف الثاني من القرن العشرين أشكالاً جديدة في المسقط الأفقي للبناء فاعتمدت فيها على الأشكال المنحنية (الدائري، البيضوي، الإهليليجي) واستخدمت في تغطيتها الجمل الإنشائية الحديثة (معلقة، قشريات بيتونية، السطح الشبكي الفراغي وغيرها)، فخرجت بذلك عن الشكل التقليدي السائد للمنشآت الرياضية في أواخر القرن التاسع عشر والنصف الأول من القرن العشرين، وهو الشكل المستطيل للصالة والمغطاة بجمل إنشائية مثل الإطارات والأقواس المعدنية.

في عام 1952 صمم المعماري نوفيتسكي صالة رياضية في رالي (ولاية كارولينا الشمالية- الولايات المتحدة الأمريكية) (الشكل 5)، وتعدّ هذه الصالة أول صالة رياضية في العالم لها شكل بيضوي استخدمت في تغطيتها الجمل الإنشائية المعلقة على شكل سرج الحصان، خُصصت الصالة للمعارض والمباريات الرياضية، وتتسع مدرجاتها لخمسة آلاف متفرج ويمكن زيادتها أربعة آلاف أخرى، والتغطية هي شبكة من الكبلات المعدنية المشدودة إلى المسند المحيطي، تتوضع بلاطات معدنية فوق الكبلات، يتشكل المسند المحيطي من قوسين متقاطعتين من البيتون المسلح تميلان على الأفق بزاوية 22°، وتستندان إلى الأرض مباشرةً.

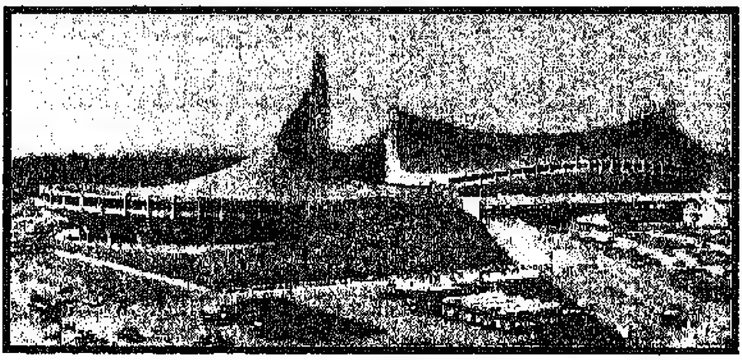
بُني مجمع رياضي من أجل إقامة الدورة 18 للألعاب الأولمبية في اليابان عام 1964، وهو يحتوي على صالتين (الشكل 6): الكبيرة منهما لها شكل بيضوي أبعاد محوريها 142× 126م، تحوي حوضين للسباحة والغطس، ويمكن تحويل حوض السباحة إلى ساحة للرقص الفني على الجليد، تتوضع المدرجات من جهتين حول الملعب وتتسع لـ 18 ألف متفرج، الصالة الصغيرة دائرية الشكل قطرها 57 م وتحوي ساحة لعب صغيرة مستطيلة الشكل مخصصة لألعاب للجمباز، تحيط بها مدرجات تتسع لـ 5400 متفرج، استخدمت الجمل الإنشائية المعلقة في تغطية كلا الصالتين.



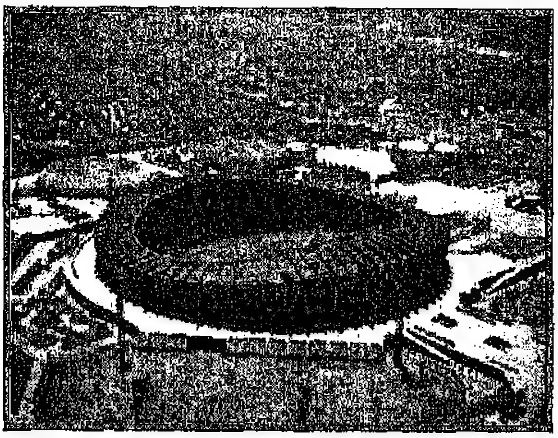
الشكل (5) الصالة الرياضية في رالي- الولايات المتحدة

بُني في سيؤول- كوريا الجنوبية عام 1988 مجمعان رياضيان كبيران لإقامة الدورة 24 للألعاب الأولمبية (الشكل 7)، يحتوي المجمع الأول على: استاد لكرة القدم وآخر لكرة القدم الأمريكية، مسبح مغطى، صالة لكرة السلة، ويحتوي المجمع الثاني على: صالة لسباق الدراجات، مسبح مغطى أولمبي، وثلاث صالات رياضية مغلقة.

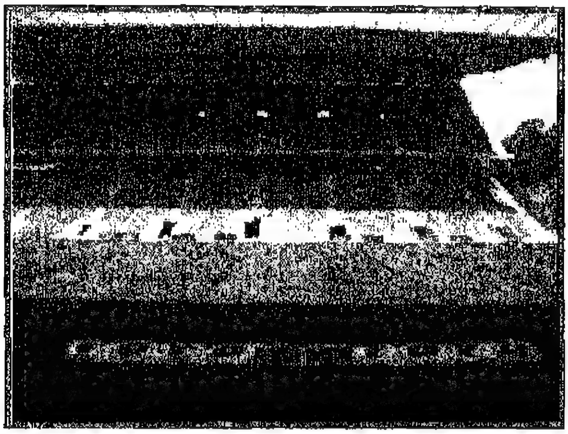
الصالة الرياضية في المجمع الأول لها شكل دائري قطرها 90م وتحتوي على ساحة لعب صغيرة دائرية الشكل تقام عليها مسابقات بكرة السلة، وتتوضع حولها مدرجات تتسع لـ 20 ألف متفرج، تأخذ صالة المبارزة في المجمع الثاني شكلاً دائرياً بقطر 93م وتحتوي على ساحة لعب متوسطة بيضوية الشكل تتوضع حولها مدرجات تتسع لـ 7 آلاف متفرج، وصالة ألعاب القوى في المجمع الثاني أيضاً لها شكل دائري قطرها 139م وتحتوي على ساحة لعب كبيرة دائرية الشكل قطرها 90م وتتسع مدرجاتها لـ 22 ألف متفرج منها 13 ألف مقعد ثابت والباقي متحرك.



الشكل (6) المنشآت الرياضية في طوكيو- اليابان (دورة الألعاب الأولمبية 1964)



الشكل(7) المنشآت الرياضية في سيؤول كوريا الجنوبية- دورة الألعاب الأولمبية- 1988



الشكل (8) الستاد الرياضي المغطى في البرتغال

التغطية في هاتين الصالتين متماثلة وهي تتشكل من مجموعة من الحلقات المعدنية شُدّ بعضها إلى بعض بوساطة جوائز مشكلة من الكبلات المعدنية المرنة، وتوضعت فوق الجوائز أغشية قماشية شافة ساعدت على دخول الإنارة الطبيعية داخل الصالة.

مع نهاية القرن العشرين ودخول الألفية الثالثة اتخذت المنشآت الرياضية أشكالاً وحجوماً أكثر رشاقةً وجمالاً ساعد على تحقيقها التطور الحاصل في مواد البناء وتقنيات التنفيذ، فأصبح الستاد الرياضي المخصص لكرة القدم أكبر، يصل بعده إلى أكثر من 300م، وهو صالة رياضية ضخمة مغلقة، مغطاة كاملاً، بحيث تستمر التغطية فوق المدرجات وساحة اللعب، في حين اقتُصر في السابق على تغطية المنصة وجزء من مدرجات الجمهور، فصارت تغطية الستاد في غالبيتها، مؤلفة من

جزأين الأول ثابت يتوضع فوق المدرجات والآخر متحرك يتوضع فوق ساحة اللعب، واستخدمت المنشآت المعلقة والمواد الشافة في التغطية (الشكل 8).

أخذ استاد بكين الذي أقيمت عليه فعاليات دورة الألعاب الأولمبية عام 2008 في الصين شكلاً بيضوياً قطراه 220×330 م، واستخدمت عناصر معدنية متشابكة بعضها مع بعض لتغلف المحيط الخارجي له لتظهره على شكل عش الطائر بارتفاع 70 م (الشكل 9)[1].

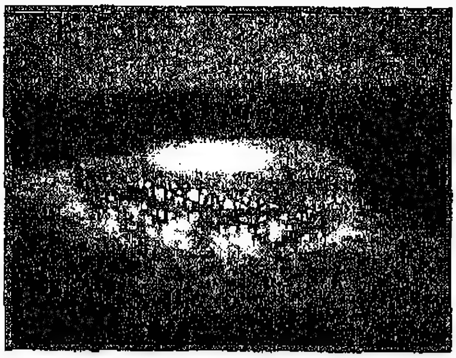
المنشآت الرياضية في العالم العربي:

بدأت الدول العربية منذ منتصف القرن العشرين ببناء منشآت رياضية، وقد ساعد التقدم العلمي والتقني وتطور الظروف الاجتماعية والاقتصادية في العالم العربي على مواكبة التقدم والتطور الحاصل في العالم في مجال بناء المنشآت الرياضية، فاستطاع المعماريون المحليون والعالميون تقديم أعمال متميزة ذات حلول إنشائية جديدة ومناسبة لطبيعة المنطقة وتراثها، فقد بُني مجمع رياضي كبير لإقامة فعاليات الدورة العربية الرابعة في مدينة الكويت عام 1972، ويتألف المجمع من ثلاثة أقسام: استاد غطيت جميع مدرجاته ومسبح مغطى وصالة معلقة، استخدمت في تغطية مباني هذا المجمع الجمل الإنشائية المعلقة بحيث ظهر المجمع تجمعاً كبيراً من الخيم.

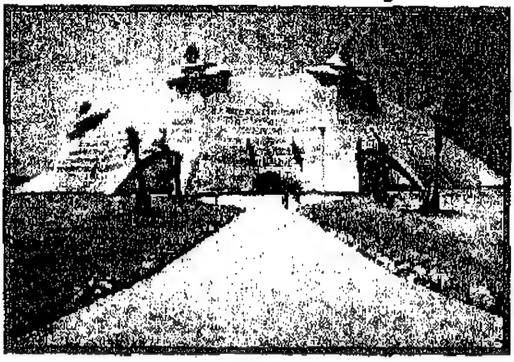
في العقد السابع من القرن العشرين بُني في مدينة الرياض بالمملكة العربية السعودية مجمع رياضي ضخم. يحتوي هذا المجمع: على استاد يتسع لـ 57 ألف متفرج، ومسبح أولمبي مكشوف تحيط به مدرجات تتسع لـ4 آلاف متفرج، وصالة رياضية مغلقة على شكل هرم خماسي قاعدته مربعة الشكل طول ضلعها 75م، تم استخدام الأسطح المائلة للجدران والأسقف لتجنب تجمع رمال الصحراء.

في عام 1981بنيت بجامعة الملك عبد العزيز بجدة صالة رياضية متعددة الاستعمالات على شكل الخيمة العربية (الشكل 10)، وأخذت الدعامات الحاملة للصالة شكل شجرة النخيل حيث وظّفت قمة هذه الدعامات فتحات للتهوية.

(1) C. BROTO, Architecture on Sports Facilities (Barcelona 2005).



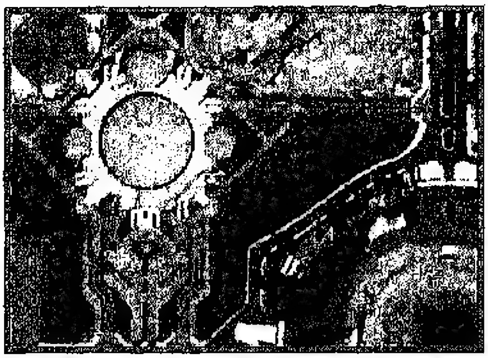
الشكل (9) الاستاد الرياضي في بكين- الصين (دورة الألعاب الأولمبية 2008)



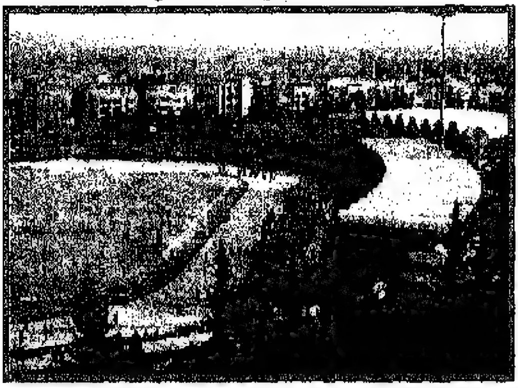
الشكل (10) الصالة الرياضية في جامعة الملك عبد العزيز في جدة- المملكة العربية السعودية

في القاهرة بجمهورية مصر العربية بُني مجمع كبير لإقامة فعاليات دورة الألعاب الأفريقية ويحتوي هذا المجمع على استاد لكرة القدم إضافة إلى أربع صالات دائرية الشكل تتصل فيما بينها بممرات مكسرة ومظللة تقع تحت سطح الأرض لتحمي المارة من أشعة الشمس، الصالة الرئيسية قطرها 120م تحتوي على ساحة لعب صغيرة دائرية الشكل تحيط بها مدرجات تتسع لـ 20 ألف متفرج، والصالات الثلاث الباقية تراوح أقطارها بين 50- 60م وتحتوي كل منها على ساحة لعب صغيرة مستطيلة الشكل ومدرجات تتسع كل منها لألفي متفرج، وقد استُخدمت القباب المعدنية في تغطية هذه الصالات (الشكل 11).

شهدت سورية منذ بداية السبعينيات من القرن العشرين تطوراً كبيراً في بناء المنشآت الرياضية على اختلاف أنواعها وأشكالها وفعالياتها، وفي هذه الفترة بُني أكثر من 70 صالة رياضية مغلقة و25 مسبحاً دولياً وأكثر من 30 ملعباً مكشوفاً لكرة القدم، إضافة إلى العديد من صالات اللياقة ومراكزها، وهذه المنشآت موزعة في جميع المدن السورية.



الشكل(11) المجمع الرياضي في القاهرة



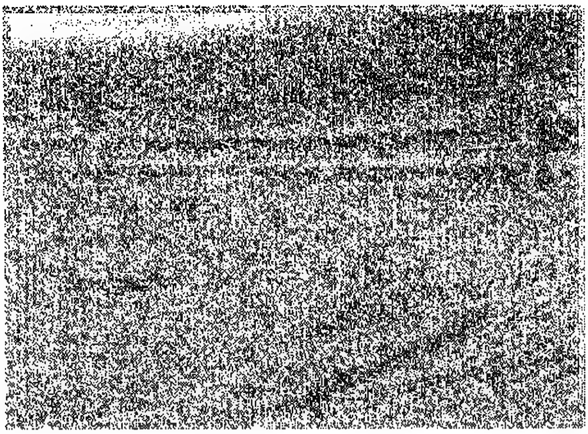
الشكل(12) مدينة تشرين الرياضية- دمشق

وقد بُني مجمع رياضي بدمشق لإقامة الدورة العربية الخامسة عام 1976، وهو الأول من نوعه في سورية (مدينتا الجلاء وتشرين الرياضيتان واستاد العباسيين).

يتألف مجمع تشرين من استاد لكرة القدم وعدد من الملاعب المكشوفة، إضافة إلى صالة رياضية مغلقة، والصالة لها شكل بيضوي قطراها 80×66 م مجزأة إلى قسمين بوساطة مدرجات الجمهور التي تتسع في كل جزء لـ 2500 متفرج، القسم الأول يحتوي على حوضي سباحة وغطس والقسم الثاني يحتوي على ساحة لعب متوسطة، الحل الإنشائي المعتمد في تغطية الصالة هو تغطية معلقة على شكل سرج الحصان مثبتة على قوسين من البيتون المسلح تستندان إلى دعامتين ضخمتين من البيتون المسلح (الشكل 12).

أما مدينة الجلاء فتتألف من استاد لكرة القدم وعدد من الملاعب المكشوفة ومسبح مكشوف، إضافة إلى صالة رياضية مغلقة ذات تصميم نموذجي نُفّذ في العديد من المدن السورية، للصالة شكل مستطيل أبعاده 60.6× 42.6 م،

تحتوي على ساحة لعب صغيرة تحيط بها مدرجات من جهتين تتسع لـ 3 آلاف متفرج، والتغطية بلاطات مثنية مقطعها شبه منحرف.



الشكل (13) استاد حلب الدولي

بُني مجمع رياضي ضخم لدورة ألعاب البحر المتوسط في اللاذقية عام 1987، يحتوي على استاد لكرة القدم ومسبح أولمبي مكشوف، إضافة إلى أربع صالات رياضية متوضعة بشكل يشبه مضارب خيم البدو تتصل فيما بينها بأنفاق تحت الأرض[1].

الصالة الأولى: هي أكبر الصالات الأربع، لها شكل مستطيل أبعاده 118 × 98 م، وتحتوي على ساحة لعب متوسطة مستطيلة الشكل متوضعة على مستوى - 2.8م عن سطح الأرض، وتحيط بساحة اللعب مدرجات متوضعة بشكل بيضوي، الحل الإنشائي المعتمد في تغطية الصالة هو جملة إنشائية معلقة مؤلفة من جوائز معدنية تشكل سرجي حصان، يستندان إلى ست أقواس من البيتون المسلح مائلة نحو الداخل.

الصالة الثانية: شكلها مستطيل أبعاده 70×55م، تحتوي على ساحة لعب صغيرة مستطيلة الشكل تحيط بها المدرجات من جهة واحدة، التغطية مقعرة الشكل تتشكل من جوائز معدنية معلقة تستند إلى أربع أقواس مائلة نحو الداخل.

(1) انظر أيضاً: سميح مدلل، المنشآت الرياضية في عهد الرئيس حافظ الأسد (منشورات مكتب الإعلام والتوجيه المركزي في الاتحاد الرياضي العام في سورية).

الصالتان الثالثة والرابعة: متوضعتان تحت سقف واحد وهذا التوضع له شكل مربع أبعاده 70×70 م، تفصل بينهما المدرجات، كلا الصالتين تحتوي على ساحة لعب صغيرة، الحل الإنشائي المعتمد في تغطية الصالتين مشابه للحل المعتمد في الصالة الثانية مع زيادة عدد الأقواس التي تستند إليها التغطية لتصل إلى ست أقواس.

وفي 17 نيسان/ أبريل عام 2007 افتتح في حلب "استاد حلب الدولي" (الشكل 13) الذي يتسع لـ 75 ألف متفرج، ويعد أحد أضخم الملاعب في الوطن العربي وقارة آسيا، صممه البولندي "كوش".

يتألف الاستاد من خمس طوابق، اثنان تحت الأرض وثلاثة فوق الأرض، وله 26 مدخلاً لخول الجماهير وخروجها، ويحتوي على ملاعب ومدرّجات ولوحات إلكترونية وصالات وغرف للصحفيين وغيرها، وجميعها مجهز بأحدث المستلزمات(1).

المنشآت الفولاذية: Steel facilities

تعدّ المنشآت أحد الاحتياجات البشرية الأساسية ورمز حضارة الشعوب، ويمكن تصنيف المنشآت تبعاً لوظيفتها إلى سكنية وتجارية ومؤسساتية وصناعية وصالات عرض ومنشآت خاصة كالجسور وأبراج نقل الطاقة والمنشآت البحرية وغيرها، ويمكن بناء كل منها بأنواع مختلفة من المواد كالبيتون والفولاذ والفولاذ الإنشائي المدرفل المصنّع على شكل مقاطع، ولكل من هذه المواد ميزاتها وتفوقها في أنواع معينة من المنشآت، ويتكون الفولاذ الإنشائي من خلائط الحديد مع نسب محددة من الكربون ومعادن أخرى كالمنغنيز والكروم والنحاس وغيرها، ويكون المحتوى الكربوني أقل من 0.25٪ والمنغنيز أقل من 1.5٪، أما بقية العناصر فتكون نسبها أقل من ذلك بكثير، وتحدد كمية العناصر في الخليطة خواص الفولاذ كمقاومته strength ومطاوعته ductility وقساوته toughness، وتُعزى

(1) الموسوعة العربية، غسان عبود، المجلد التاسع عشر، ص564، (بتصرف).

مقاومة الفولاذ للصدأ إلى احتواء خليطته على النحاس، كما أن للعمليات الإنتاجية- كمعدل التبريد والإسقاء والسحب والتشكيل- آثاراً مهمة في البنية الميكروية للفولاذ حيث تؤدي إلى حجم أصغر للحبيبات مما يحسن خصائصه.

لمحة تاريخية:

صنع الفولاذ أولاً بكميات كبيرة للسكك الحديدية، ثم بدأ سحب المقاطع الفولاذية المختلفة كالزوايا والمقاطع على شكل مجارٍ في عام 1870 فأصبح الفولاذ أكثر صلابة وأقل هشاشة، وتم اختيار الفولاذ في عام 1889 مادة بناء أساسية لإشادة برج إيفل في باريس بارتفاع 300م، وتطورت في الوقت ذاته تقريباً تكنولوجيا الأبنية العالية ذات الإطارات الفولاذية في مدينة شيكاغو في أمريكا بسبب غلاء الأرض والنمو المتسارع للأعمال فيها، فقام المهندس المعماري ويليم جيني William Le Baron Jenney بتصميم مبنى شركة التأمين على المساكن Home Building Insurance Company الذي يتألف من عشرة طوابق في عام 1885 حيث نُفذ تقريباً بكامله من المعدن، فكانت الأعمدة من الحديد الصب cast-iron والجوائز من الحديد المطاوع wrought-iron وتم تغليف الإطارات بالآجر أو البلاط الفخاري لضمان الحماية من الحريق لأن الحديد يبدأ بفقدان مقاومته إذا تعرض لحرارة تزيد على 400°م.

استمر بعد ذلك بناء الأبنية العالية الفولاذية ولكن باستعمال جوائز شبكية شاقولية كجمل تربيط vertical truss bracing system لمقاومة قوى الرياح. ولعظم الأحمال الشاقولية المنقولة إلى أساسات هذا النوع من المباني، ولضعف تربة التأسيس الغضارية في مركز شيكاغو أُستخدمت أوتاد خشبية دقت في التربة إلى أن وصلت إلى الطبقات الصخرية الصلبة bedrock ثم طُورت هذه الطريقة في التأسيس فحفرت آبار شاقولية يدوياً وصولاً إلى طبقات الصخر الصلبة ومُلئت هذه الآبار بالخرسانة لتستند عليها الأعمدة الفولاذية.

وفي عام 1895 أُستكمل تكنولوجيا إنشاء الأبنية العالية باستخدام مقاطع فولاذية مسحوبة على الحامي على شكل I كعناصر للإطارات، مع وصلات براغي

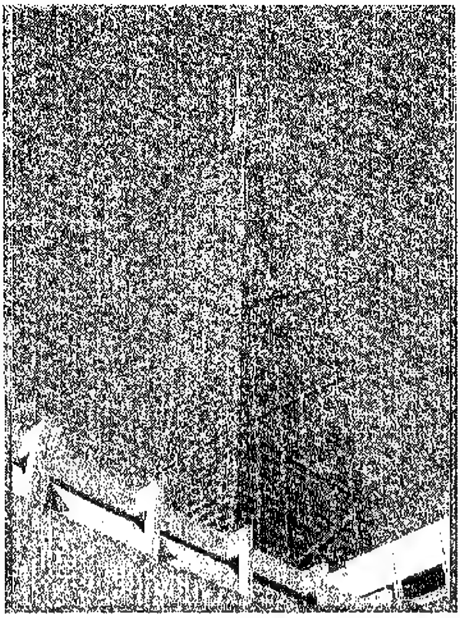
وتباشيم بين هذه العناصر كما استخدمت جمل تربيط قطرية لمقاومة الرياح diagonal wind bracing مع تباليط فخارية لمقاومة الحرارة وآبار اسكندرانية خرسانية caisson foundation لسند الأحمال الشاقولية.

بعد الحرب العالمية الثانية بدأت الفترة الذهبية الثانية للأبنية العالية الفولاذية إذ بدأ عدد سكان العالم بالتزايد وكذلك اقتصاده بالاتساع والازدهار، وأحب عندها مهندسو العمارة فكرة المبنى العالي الذي يبدو موشوراً زجاجياً نتيجة تنفيذ الجدران الخارجية على شكل ستارة زجاجية glass curtain wall. ومع أن هذه الفكرة تعود إلى عام 1920 فقد طورت ونفذت بشكلها الصحيح بعد الحرب العالمية الثانية، حيث ثُبت الزجاج على إطارات من الألمنيوم واستخدم المطاط لإحكام الكتامة بين الوصلات ضد العوامل الجوية فنفذ مبنى الأمانة العامة للأمم المتحدة في عام 1949 في نيويورك مثالاً نموذجياً على هذا النوع من المنشآت، الشكل (1).

الشكل (1) مبنى الأمانة العامة للأمم المتحدة

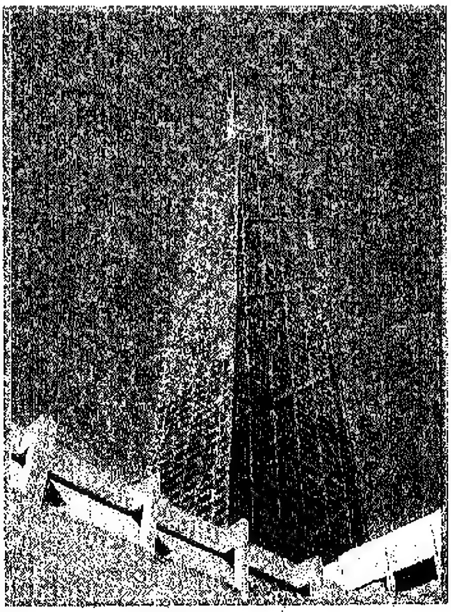
وفي مطلع السبعينيات صار الاقتصاد في تصميم الأبنية العالية وتنفيذها مطلباً رئيسياً، فابتكر المهندس فزلور خان Fazlur Khan جملة تربيط قطرية خارجية في مبنى جون هانكوك John Hancock في شيكاغو (الشكل 2) ذي المائة طابق فشكلت أنبوباً صلباً بارتفاع 343م، مما خفض استهلاك الفولاذ إلى 145كغم/م^2 في حين بلغ استهلاك الفولاذ 275كغم/م^2 في مبنى إمباير ستيت

Empire State Building في نيويورك والتي استكمل بناؤها في مطلع الثلاثينيات من القرن العشرين.



الشكل (2) مبنى جون هانكوك في شيكاغو

وبعد فترة قليلة في عام 1973 استخدم المهندس خان الفكرة نفسها في تصميم برج سيرز Sears Tower ذي 110 طوابق بارتفاع 443م في شيكاغو، وكان إلى سنوات قليلة يُعد أعلى مبنى في العالم (الشكل 3).

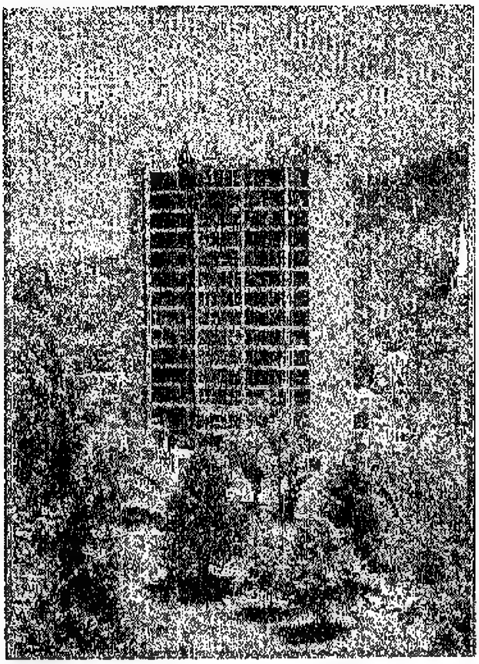


الشكل (3) برج سيرز في شيكاغو

أ - أنواع المنشآت الفولاذية:

يمكن تصنيف المنشآت الفولاذية إلى الأنواع الآتية:

آ - منشآت متعددة الطوابق multistory تتألف أساساً من إطارات صلبة أو إطارات مربطة braced frames (الشكل 4).

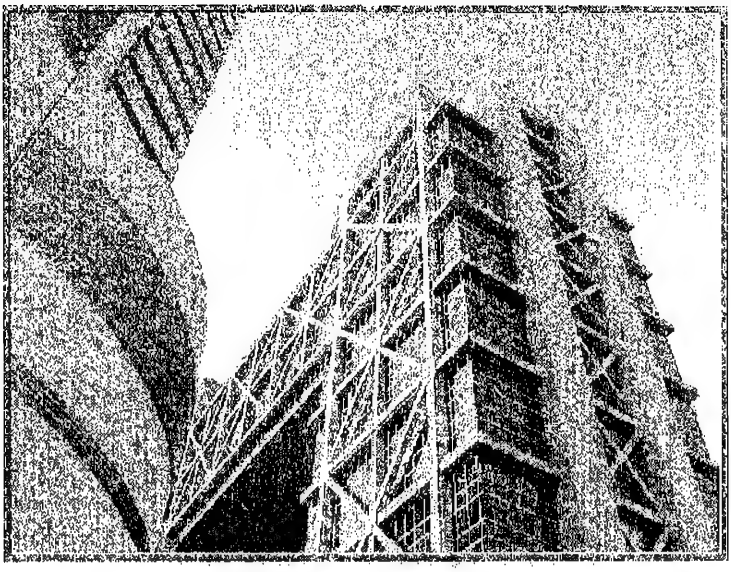


الشكل (4) مبنى متعدد الطوابق بإطارات صلبة

يجب أن تقاوم الجمل الإنشائية structural systems المستخدمة في الأبنية العالية الأحمال الجانبية كما يجب أن توفر حلاً اقتصادياً بحيث تُستخدم المواد استخداماً فعالاً، فأكثر الجمل الإنشائية فعالية تلك التي تقاوم القوى الجانبية من دون زيادة تذكر في استهلاك المواد عن تلك اللازمة لمقاومة الأوزان الشاقولية، أي لا تنتج كلفة إضافية عن الزيادة في ارتفاع البناء، وبناء على هذا تصنف الجمل الإنشائية في الأبنية العالية كما يأتي:

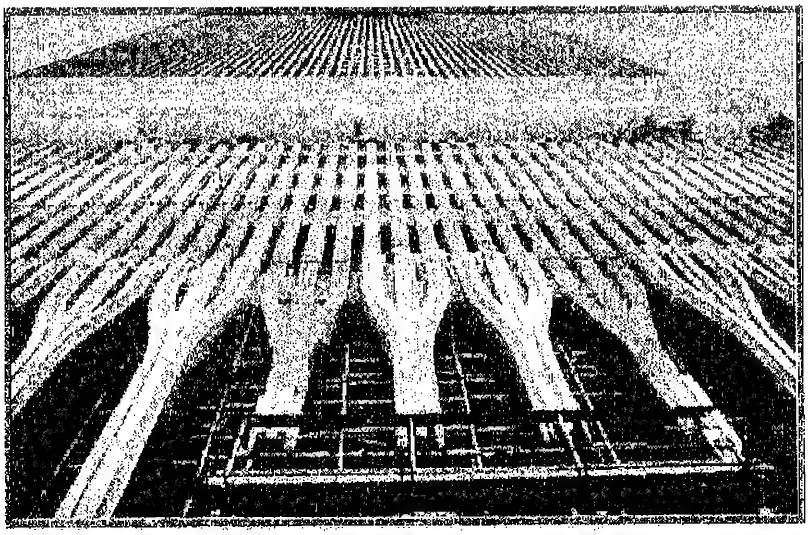
- جملة الإطارات الصلبة rigid frames حيث تنفذ الوصلات بين الجوائز والأعمدة على نحو صلب بوساطة اللحام، ويتم تأمين المقاومة الجانبية بالوصلات الصلبة، يمكن استخدام هذه الجملة حتى ارتفاع 90 متراً من دون زيادة في الكلفة نتيجة الارتفاع.

جملة إطارات صلبة مع جوائز قص شبكية شاقولية vertical shear trusses أو جدران قص بيتونية concrete shear walls وذلك من أجل صلابة جانبية أكبر للبناء lateral rigidity، تستخدم هذه الجملة حتى ارتفاع 150 متراً، الشكل (5).



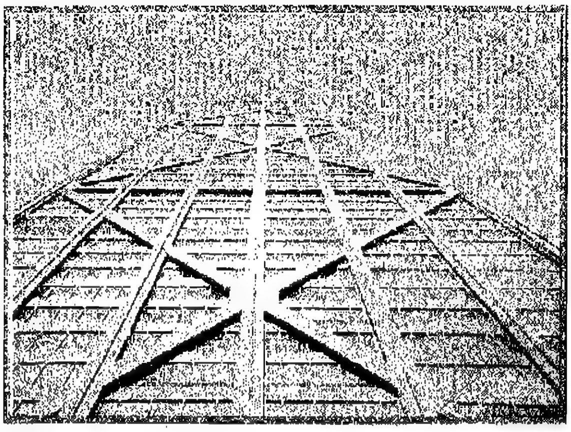
الشكل (5) جملة إطارات صلبة مع جوائز شبكية شاقولية

الجملة الإطارية الأنبوبية framed tube structure حيث تتألف من أعمدة متقاربة على محيط البناء فتزداد الصلابة الجانبية مما يسمح باستخدام هذه الجملة حتى ارتفاع 300 متر، (الشكل 6).



الشكل (6) جملة إطارية أنبوبية

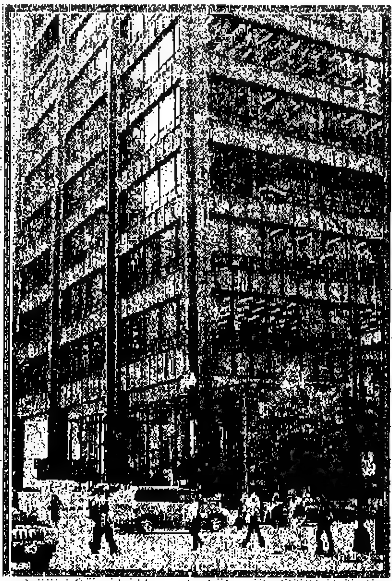
- الجملة الشبكية الأنبوبية trussed tube مع أعمدة داخلية حيث يستخدم تربيط قطري diagonal bracing على محيط البناء من كل الجهات، يرفع هذا التربيط مقاومة البناء الجانبية كثيراً مما يسمح باستخدام هذه الجملة حتى ارتفاع 360 متراً من دون زيادة تذكر على تكلفة البناء نتيجة الأحمال الشاقولية، (الشكل 7).



الشكل (7) الجملة الشبكية الأنبوبية

- جملة رزمة الأنابيب bundled tube تتألف من مجموعة من الإطارات الأنبوبية جُمّع بعضها مع بعض لتعطي مقاومة جانبية أكبر وتصبح هذه الجملة عملية بدءاً من ارتفاع 75 متراً، استخدمت هذه الجملة في بناء برج سيرز Sears Tower في شيكاغو، (الشكل 3).

ب- المنشآت الفولاذية ذات المجازات الطويلة long-span steel structures



الشكل (8) مبنى ذو جوائز صفائحية

يعد الفولاذ المادة الأساسية في المنشآت ذات المجازات الكبيرة حيث استخدمت الهياكل الإنشائية المنعطفة- التي كانت تستخدم سابقاً في بناء الجسور- في إشادة الأبنية ذات المجازات الكبيرة كالجوائز الصفائحية plate girders والجوائز الشبكية trusses، تُصنع الجوائز الصفائحية من صفائح فولاذية لتشكل مقاطع على شكل حرف I أكبر من مثيلاتها القياسية المصنعة بالسحب على الحامي وتستخدم الجوائز الصفائحية لتغطي مجازات حتى 60 متراً (الشكل 8)، في حين تتشكل الجوائز الشبكية من عناصر خطية قياسية مسحوبة على الحامي، تُجمع هذه العناصر باللحام أو البراغي على أشكال مثلثية متوازنة، وتخضع العناصر الخطية للضغط أو الشد، ويمكن أن يبلغ المجاز span الذي تغطيه الجوائز الشبكية 180 متراً.

ج- منشآت فراغية space structures حيث تتكون من جوائز شبكية فراغية.

د- المنشآت المعلقة ذات الأسقف المعلقة cable-supported roof structures

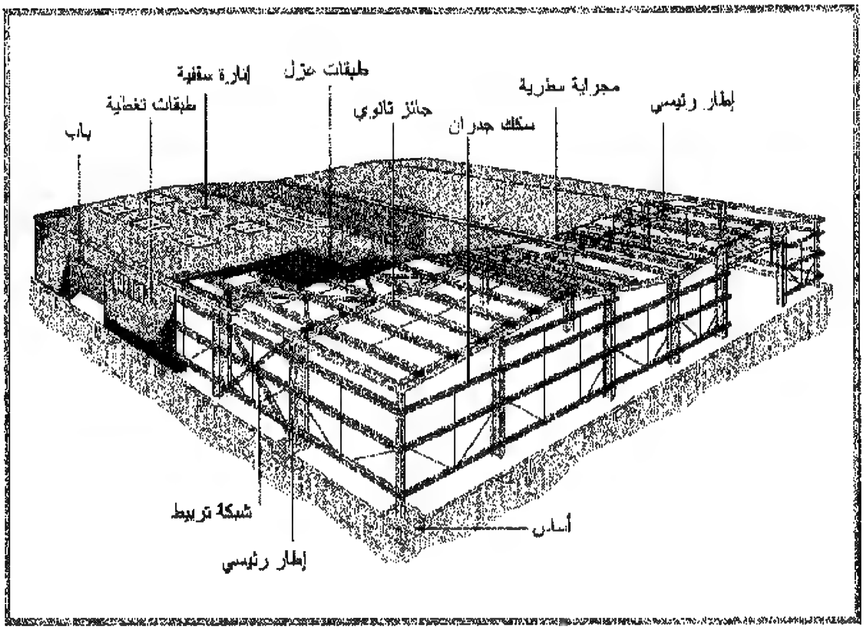
تشكل المنشآت المعلقة جملة إنشائية مشتقة عن منشآت الجسور المعلقة حيث تتكون من أسقف مستوية معلقة إلى الأعلى بكبول فولاذية تشع إلى الأسفل من رؤوس صوارٍ masts أعلى من مستوى السقف (الشكل 9)، وقد نفذت بهذه الجمل الإنشائية منشآت بمجازات حتى 72 متراً.

الشكل (9) منشأ فراغي ذو سقف معلق

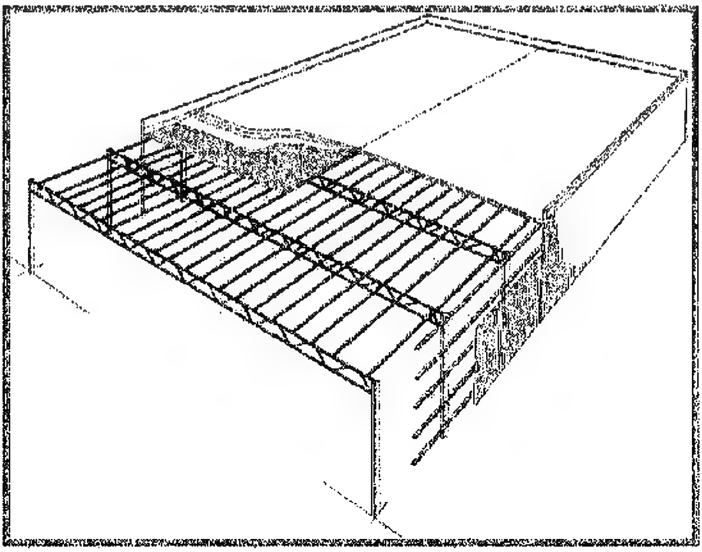
هـ- منشآت وحيدة الطابق: وتتألف أساساً من إطارات صلبة rigid frames (الشكل 10) أو من جوائز شبكية وأعمدة stanchion (الشكل 11).

يبين هذان الشكلان مبنيين نموذجيين يتألف كل منهما من طابق واحد مشاد من صفائح تغطية وعناصر فولاذية ثانوية (سكك الجدران وجوائز السقف الثانوية) ومن إطارات رئيسية.

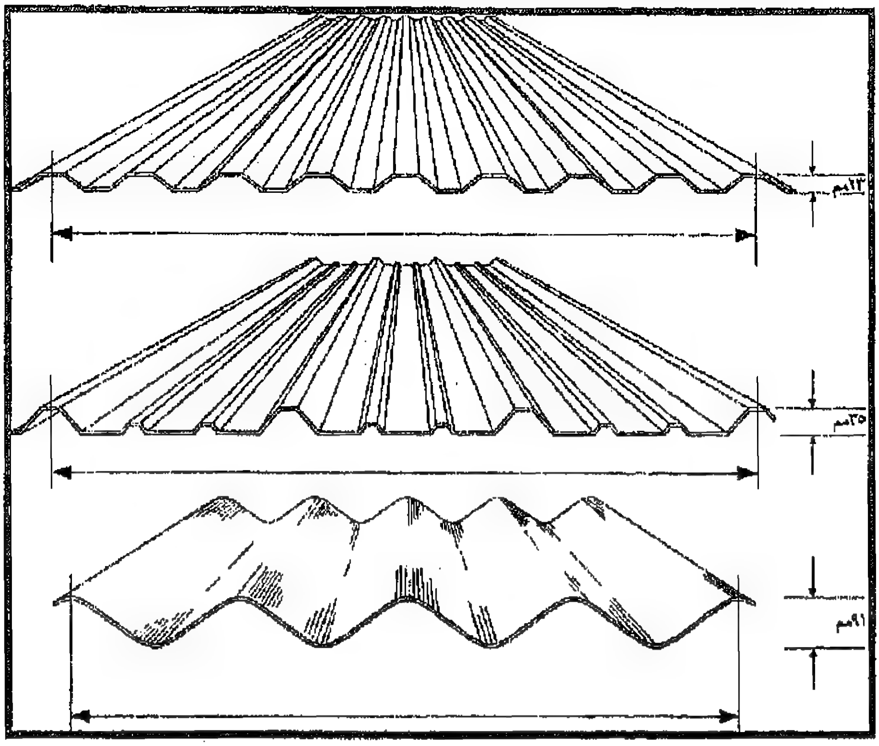
- طبقات التغطية:



الشكل (10) منشأ ذو إطارات صلبة



الشكل (11) الهيكل الإنشائي لمبنى ذي جوائز شبكية وأعمدة



الشكل (12) أشكال مختلفة من صفائح التغطية

تتألف طبقة التغطية cladding الرئيسية غالباً من صفائح فولاذية مطلية بطبقات مقاومة للصدأ حيث تُغطى الصفائح الفولاذية بطبقة من التوتياء (غلفنة) تليها طبقة دهان أساس (برايمر primer) ومن ثم طبقة دهان للوجه الخارجي لتعطي اللون المناسب أو طبقة بوليستر للوجه الداخلي، تتألف طبقة الغلفنة من طبقة منتظمة من التوتياء بنسبة 98.5٪ ويتم تنفيذها بعملية تغطيس مستمر للصفائح في محاليل التوتياء الساخنة، ويجب ألاّ يقل وزن طبقتي الغلفنة على وجهي الصفيحة عما هو مبين في الجدول الآتي حسب المواصفات البريطانية:

نوع الصفائح	وزن التوتياء على الوجهين	
	الحد الأعلى (غ/م^2)	الحد الأدنى (غ/م^2)
125	381	455
150	458	548
180	550	608
200	610	762

عندما تتعرض طبقة التوتياء للعوامل الجوية تتآكل ببطء حتى تُستَهلَك في النهاية، وتعتمد سرعة التآكل على الظروف المحيطية فتكون سريعة في البيئة الصناعية الملوثة وفي البيئة البحرية، وتكون ديمومة الغلفنة كبيرة جداً عندما تكون الشروط المحيطية غير عدوانية وعلى كل الأحوال كلما كانت طبقة الغلفنة أسمك كانت مدة بقائها أطول.

يتم إعطاء صفائح التغطية صلابة كافية وذلك بتمويجها أو بتضليعها على البارد بأشكال مختلفة كما في (الشكل 12) وذلك كي تكون قادرة على تحمل الأحمال الحية التي يمكن أن تُطبَّق عليها خلال عمليات التركيب والصيانة والاستثمار، ويُحدد تحمل صفائح التغطية حسب أشكالها من نشرات المواصفات التي تصدرها الشركات المصنِّعة، ويجب أن تكون طبقات التغطية كتيمة ضد العوامل الجوية، وأن توفر عازلية حرارية مناسبة، وأن يكون منظرها جميلاً، وأن تدوم فترة طويلة مع الحد الأدنى من الصيانة، تختلف مواصفات طبقات تغطية الأسقف عن مواصفات طبقات تغطية الجدران إلى حد ما، حيث تزداد متطلبات الكتامة في الأسقف في ضوء الطلب المتزايد على تخفيض زاوية ميل الأسقف.

يمكن أن يتم إنشاء طبقات التغطية على أشكال مختلفة من أهمها[1]:

طبقة تغطية ثنائية القشرة: double shell cladding

تتألف طبقة التغطية (الشكل 13) من طبقة صاج خارجية مموجة أو مضلعة بسماكة لا تقل عن 0.7ملم وطبقة صاج داخلية سماكتها لا تقل عن 0.4ملم مع بعض التضليع، توضع بين طبقتي الصاج طبقة من الصوف الزجاجي لتضمن عازلية حرارية لاتقل عن c0.44W/m2 C° وتكون سماكة طبقة العزل عادة نحو 80ملم.

تركب طبقة الصاج الداخلية وتثبت أولاً على الجوائز الثانوية أو سكك الجدران، ثم يتم تركيب عناصر على شكل Z لتحديد المسافة بين طبقتي الصاج وجمعهما معاً ثم تفرد طبقات العزل ويركب بعدها طبقة الصاج الخارجية بوساطة

(1) G.W.OWENS & P.R. KNOWLES, Steel Designers' Manual (Blackwell Science).

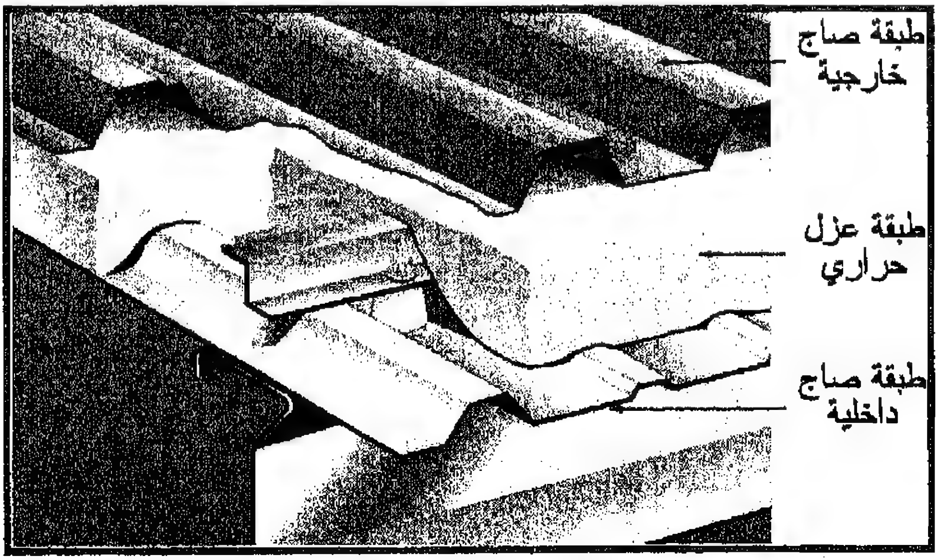
براغي كما في (الشكل 13)، وتتطلب شروط العزل المائي ألا تقل زاوية ميل التغطية عن 4°.

طبقات تغطية من ألواح مركّبة: **composite panels**

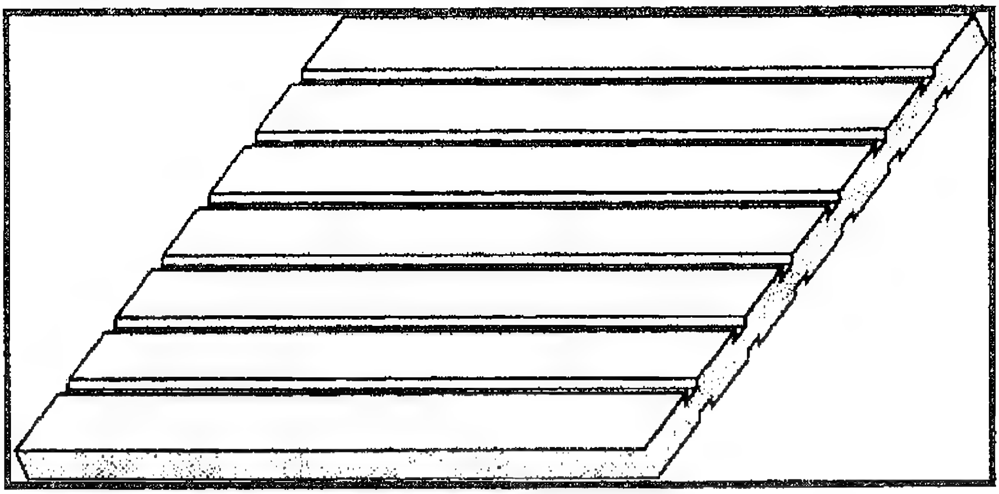
تُعدّ من أهم نظم التغطية المتطورة التي تضمن حلاً لأغلب مشكلات التغطية المعدنية، حيث تحقن المادة الرغوية العازلة foam بين طبقتي الصاج في المعمل تحت ضغط محدد لتملأ كامل الفراغ بين طبقتي الصاج فتعمل المادة العازلة بعد تصلبها على نحو مشترك مع صفيحتي الصاج، فينتج ألواحاً صلبة قادرة على تحمل الأحمال الخارجية، وعليه تحدد مقاومة الألواح بالعمل المشترك لطبقتي الصاج والمادة العازلة المحقونة بينهما وتحدد الشركات المصنعة مثل هذه الألواح الأحمال الحية التي يمكن تحملها، ويبين الشكل (14) نموذجاً من هذه الألواح.

- العناصر الثانوية: **secondary elements**

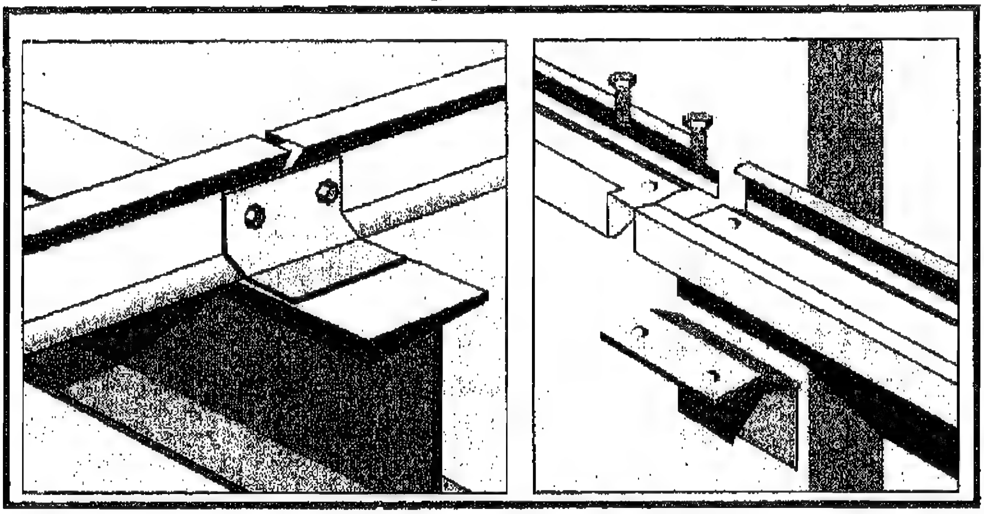
العناصر الثانوية هي العناصر التي تسند طبقات التغطية سواء في الأسقف أم الجدران وتنقل حمولاتها إلى العناصر الإنشائية الرئيسية، ويبين الشكل (15) هذين النوعين من العناصر الثانوية، ويقتضي حسن أداء طبقات التغطية وشروط التقييد الجانبي للعناصر الإنشائية الرئيسية أن يكون التباعد بين العناصر الثانوية بين 2- 12م.



الشكل (13) طبقة تغطية ثنائية القشرة



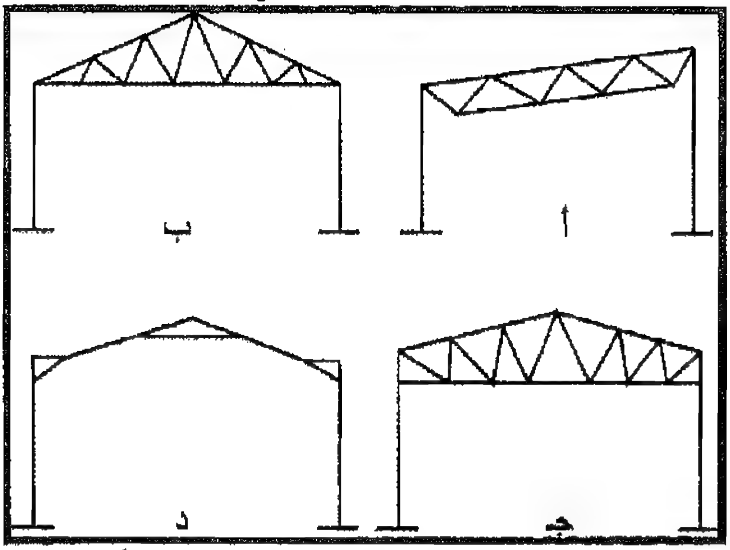
الشكل (14) ألواح مركبة



الشكل (15) عناصر ثانوية مشكلة على البارد

تُصنع مقاطع العناصر الثانوية بأشكال مختلفة من الفولاذ المدرفل على الحامي أو من الصاج المشكل على البارد، وبينت الدراسات والتطبيقات العملية أن المقاطع المشكّلة على البارد هي الأكثر اقتصادية، وكان أول هذه المقاطع إنتاجاً المقطع على شكل Z حيث استخدمت المادة استخداماً فعّالاً ولكن محاورها الرئيسية تميل على مستوي الجسم، ولهذا طورت مقاطع على شكل $\sum$ حيث يمر مستوي الأحمال المطبقة من مركز صلابة المقطع (الشكل 15)، وفي كل الأحوال يقدم مصنعوا هذه المقاطع جميع المعلومات الضرورية عن هذه المقاطع التي تمكّن المصممين من اختيار المناسب منها.

الشكل (16) إطار رئيسي بسيط



الشكل (17) أكثر أنواع الإطارات شيوعاً

- الإطارات الرئيسية: **primary frames**

تسند الإطارات الرئيسية العناصر الثانوية التي تحمل صفائح التغطية حيث تنتقل الأحمال المطبقة على صفائح التغطية إلى العناصر الثانوية، ومنها إلى الإطارات الرئيسية التي تنقلها بدورها إلى الأساسات، ويبين (الشكل 16) أبسط أنواع الإطارات حيث يتألف من جائز أفقي وعمودين.

ولكن ضرورات تصريف مياه الأمطار تقتضي أن يكون للسطح ميل محدد يتم الحصول عليه إذا كان المجاز صغيراً (أقل من 10م) عن طريق إنهاءات السطح، أما إذا كان المجاز كبيراً فعن طريق إمالة الجائز عن الأفق، لكن المتطلبات المعمارية تقتضي أن يكون هذا الميل بحده الأدنى وزاوية الميل الأكثر شيوعاً هي نحو 6°، ويبين (الشكل 17) أكثر أنواع الإطارات شيوعاً.

تكون جملة الجائز الشبكي والعمودين المبينة في (الشكل 17- أ، ب، ج) مفيدةً واقتصاديةً عندما يكون المجاز كبيراً، حيث تتألف عناصر جسم الجائز الشبكي من زوايا مدرفلة على الحامي، أما الوتران العلوي والسفلي فيتألفان من زوايا أيضاً أو مقاطع T لأن وصل مقاطع T أسهل حيث لا يحتاج إلى صفائح وصل، أما إذا كانت الأحمال المطبّقة على الجائز الشبكي كبيرة فيمكن أن تكون عناصر الجائز الشبكي مقاطع مجراية أو I مدرفلة على الحامي حسب الحاجة.

تعدّ جملة إطار الباب portal frame المبينة في (الشكل 17 د) من أكثر الجمل شيوعاً في الأبنية وحيدة الطابق حيث يمكن أن يبلغ مجازه 60م، ويتكوّن الإطار تقليدياً من مقاطع I قياسية مدرفلة على الحامي إلا أن الفهم المتزايد لتصرف العناصر النحيفة أدى إلى الانتشار الواسع لاستخدام العناصر الصفائحية متغيرة العطالة في أعمدة الجملة وجوائزها وذلك بغية الوصول إلى حلول اقتصادية، تراوح المسافة بين الإطارات من 6- 8م ويراوح ارتفاع الإطار إلى نقطة اتصال الجائز بالعمود (الركبة eaves) من 6- 15م.

2- الحماية من الحريق fire protection

تتعرض المنشآت الفولاذية لإجهادات كبيرة في أثناء الحريق حيث تصل درجة الحرارة إلى نحو 1200°م في حين أن درجة الحرارة الحرجة للفولاذ هي نحو 550°م، عندها ينخفض إجهاد سيلان الفولاذ yield stress إلى 70٪ من قيمته عند درجة حرارة 20°م، وتعرف إمكانية تحمل العناصر الفولاذية للأحمال المطبقة عليها لدى تعرضها للحريق بمقاومة الحريق، ويعبر عن ذلك بدلالة الفترة الزمنية التي تستطيع الصمود طوالها (1/2، 1، 2، 4 ساعة) ويبين (الشكل 18) أمثلة على طرق الحماية المتبعة للأعمدة والجوائز في الإطارات الفولاذية:

- غلاف بيتوني صلب للأعمدة solid concrete protection كما في الشكل (18- أ) يساعد أيضاً على تحمل أحمال العمود، ويمكن استعمال الطريقة نفسها لتغليف الجوائز، وأثبتت التجارب أن سماكة 50ملم من الخرسانة توفر

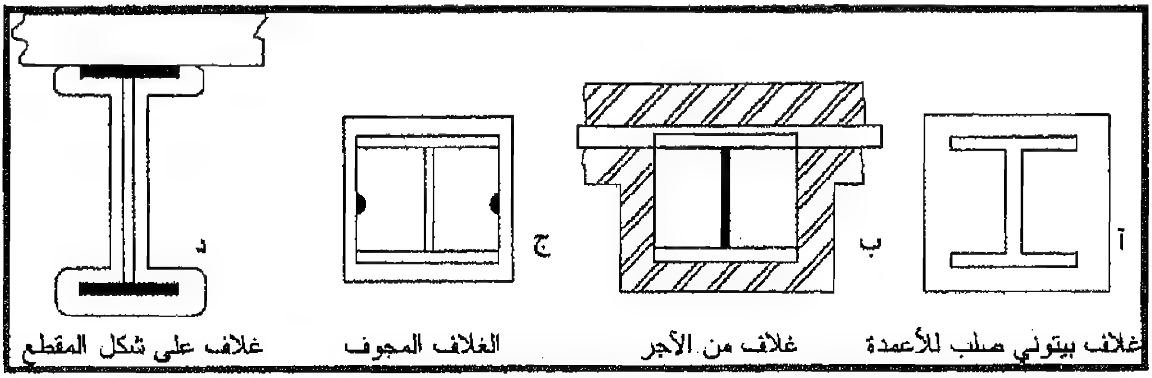
حماية ضد الحريق مدة ساعتين إلا أن هذه الطريقة مكلفة وتحتاج إلى صب الخرسانة في قالب حول العنصر الفولاذي.

- غلاف من الآجر brickwork encasement حول أعمدة البناء كما في الشكل (18- ب) حيث يستعمل الآجر في بناء الجدران، وحماية الأعمدة من الحريق ويعدّ هذا النظام من أكثر الأنظمة شيوعاً.

الغلاف المجوف hollow casing: ينفذ على شكل وحدات من ألواح الجبصين مسبق الصنع تركب على شبك معدني، فتشكل صندوقاً حول المقطع الفولاذي كما في الشكل (18- ج).

غلاف على شكل المقطع profile casing: حيث يتم بخ المونة الإسمنتية على سطوح العنصر الفولاذي كما في الشكل (18- د) فتضمن طبقة من المونة الإسمنتية سماكتها 38مم حماية مدة ساعتين، ويعدّ هذا النوع من الحماية من أرخص أنواع الحماية وأكثرها فعالية فيغلف أكثر الأشكال تعقيداً إضافة إلى الوصلات، إلا أنه غير جميل المنظر، وبالتالي يستخدم للعناصر المخفية خاصة فوق الأسقف المستعارة.

- طلاء انتفاخي مقاوم للحريق intumescent coating: تنفذ طبقة الطلاء بسماكة 1ملم تقريباً تحتوي مركباً يطلق غازات عند تعرضه للحرارة فينتفخ الطلاء متحولاً إلى رغوة كربونية سميكة عازلة للحرارة[1].



الشكل (18) طرائق الحماية من الحريق

(1) انظر أيضاً: محمد السماره، كتاب تصميم المنشآت الفولاذية (2003).

الحماية من الصدأ corrosion protection

يتعرض الفولاذ للصدأ على نحو خاص، فيتأكسد الحديد بوجود الهواء والماء والملوثات الأخرى ولهذا من الضروري تنفيذ طبقة حماية للمنشآت الفولاذية ضد الصدأ ، واختيار نظام الحماية يعتمد على نوع التلوث ودرجته والعمر المطلوب للمنشأ الفولاذي، فاختيار نظام الحماية وتنفيذه تنفيذاً صحيحاً يمنح المنشأ عمراً أطول من دون صيانة.

ومن أهم العوامل التي تؤدي إلى نجاح نظام الحماية هو تحضير سطح الفولاذ جيداً ، لأن كل المنتجات الفولاذية المسحوبة على الحامي تكون مكسوة بطبقة رقيقة من أكسيد الحديد ، فإذا لم تزال هذه الطبقة فإنها تتقشر نتيجة تعرض العناصر الفولاذية للتشوهات تحت تأثير الأحمال فيصبح الفولاذ عرضة للصدأ ، ولهذا تجب إزالة هذه الطبقة قبل دهان العناصر الفولاذية ، وتحضر السطوح الفولاذية بإحدى الطرق الآتية:

- التنظيف اليدوي باستخدام الفراشي الفولاذية.
- التنظيف باللهب لإزالة الطبقة المتأكسدة السطحية.
- التغطيس بحوض من الأسيد فتنحل الأكاسيد والصدأ من دون مهاجمة الفولاذ.
- التنظيف بصفع سطوح الفولاذ بالرمل.

بعد تحضير السطوح تطلى بإحدى طبقتي الحماية الآتيين:

- طلاء معدني metallic من التوتياء أو الألمنيوم يبخ مصهوراً على سطوح الأجزاء الفولاذية أو ينفذ بتغطيس العناصر الفولاذية بحمام ساخن من التوتياء المصهورة ، تسمى هذه الطريقة بالغلفنة galvanization وتعتمد سماكة طبقة الغلفنة على مدة التغطيس وعلى سرعة سحب القطع الفولاذية من التوتياء المصهورة.

- طلاء غير معدني non-metallic يتألف من طبقة أساس من كرومات التوتياء أو الفوسفات ومن ثم طبقة طلاء نهائية من أكاسيد الحديد أو الإيبوكسي أو غيرها(1).

المنشآت مسبقة الصنع : Prefabrication

يقال عن مُنشأ ما مسبق الصنع، عندما تتم صناعة عناصره المكوِّنة لأعمال هيكله أو إكمالاته في معامل خاصة بها، ثم تنقل إلى موقع المنشأ فتُجمَّع وتُثبَّت حسب التصميم الهندسي المعدّ له، فمسبق الصنع هو إحدى الوسائل الأساسية التي تدخل في صناعة البناء وتسهم في تقدمها، وهو تطبيق حسي ومباشر لإحدى الوسائل العملية في سياق تصنيع البناء.

لمحة تاريخية:

قام المهندس شارل هنري بينار Charles Henri Besnard (1881- 1946) بصب قطع مسبقة الصنع لمظلات عامة في الشوارع، ثم صممّ كنيسة سان كريستوف دو جافل St Christophe de Javel في باريس التي بنيت خلال الأعوام 1927/1929، وقد جرى صب هذه الأجزاء من أعمدة وجوائز (جسور/كمرات) وكلوسترا (قطع تزيينية شاقولية) باستعمال بيتون (خرسانة) كثيف في ورشة البناء نفسها ضمن قوالب من الخشب أو الجص، مع وضع قضبان التسليح الملائمة للمقاومة والتثبيت، وقد قام هذا المهندس بوضع كتيب خاص احتوى على ميزات هذه الطريقة.

تطورت صناعة العناصر المسبقة الصنع بعد انتهاء الحرب العالمية الثانية في البلاد الصناعية بصورة خاصة، ولكن تقدمها لم يكن مستمراً بانتظام، ومن أهم ما حدث في هذا المجال في القرن العشرين ما يأتي:

قبل الحرب العالمية الثانية: إنتاج عناصر مسبقة الصنع مختلفة ومستقلة، كأعمدة الكهرباء وقساطل المياه وبعض الألواح والبلاطات المحدودة (أغطية حفر التفتيش).

(1) الموسوعة العربية: محمد أحمد السمارة، المجلد التاسع عشر، ص574، (بتصرف).

- بعد الحرب العالمية الثانية: بدأ إنتاج قطع مسبقة الصنع حاملة ثقيلة الوزن، وجدران واجهات بارتفاع طابق من البناء، وقطع داخلية مختلفة، وبلاطات قد تكون تتمة لبلاطات مجاورة مصبوبة محلياً، وأيضاً بعض الأدراج الداخلية أو الخارجية.

في منتصف الخمسينات، بدأ استعمال جدران خارجية مسبقة الصنع غير حاملة (متوسطة الوزن).

- منذ عام 1965 بداية إنتاج الخلايا الثلاثية الأبعاد الذي سُمي: "الإنتاج المجمعي"، (على الرغم من أن التجربة الأولى كانت في كييف نحو عام 1950)، وخلاله بدأ انتشار إنتاج القطع المسبقة الصنع الحاملة إنشائياً (أعمدة وجوائز وبلاطات جسرية).

- في السبعينات بدأ انتشار استعمال القطع الكبيرة المسبقة الصنع والمسبقة الإجهاد.

- في أواخر القرن العشرين، بدأت التطبيقات العملية للبيتون ذي المقاومات العالية جداً مما كان له التأثير الكبير في تقدم صناعة البيتون ذي الأداء العالي مسبق الصنع، وقد أدى استعمال الجائز السويدي Swedish beam في أوائل القرن الحالي إلى أنه أصبح بالإمكان الحصول على بلاطات متكررة في الأبنية الصناعية والتجارية تصل أبعادها إلى 30×30 متراً وأكثر من دون أعمدة داخلها، وعلى بلاطات علوية للسطوح ذات أبعاد تصل إلى 50×50 متراً، وبتخفيض أوزانها إلى أقل من النصف.

الشكل (1)

مبررات استعمال مسبق الصنع في مجال البناء:

من الناحية الاقتصادية، قبيل الاتجاه نحو مسبق الصنع في لوازم البناء، كانت طرق الإنشاء تتعرض لأزمة ارتفاع في التكاليف وبطء في الإنجاز، الأمر الذي لم يعد مقبولاً بعد الحرب العالمية الثانية، إضافة إلى أن نقص اليد العاملة الخبيرة زاد من حدة هذه الأزمة، كما أن العمال أصبحوا يفضلون العمل في أماكن ثابتة، كالمصانع، بعيداً عن التنقلات وعن التعرض للعوامل الجوية المختلفة.

من ناحية أخرى، تعرضت صناعة البناء إلى تطور أساسي، ففي الأبنية الكبيرة ذات الطوابق العديدة لم تتغير وظيفة الجزء الأساسي الحامل للبناء (الهيكل: أعمدة وبلاطات) سواء في الأبنية السكنية أو التجارية والمكاتب، أما باقي البناء فأصبح في كثير من الأحيان ألواحاً داخلية أو خارجية تُعمل فواصل أو سواتر مهمتها حجب الرؤية والصوت، والحماية من العوامل الجوية، من دون أن تقوم بأي دور كعنصر حامل، من هنا برزت أفضلية جدران الواجهات المسبقة الصنع التي حلت محل الطريقة القديمة في بناء الجدران، وخاصة عندما يلحظ في التصميم توحيد قياسات هذه الألواح (قدر الإمكان)، حيث يجري صنعها في المعمل لتصبح جاهزة للتركيب فور الاحتياج إليها، ومن دون اليد العاملة الاختصاصية النادرة، وقد غيرت هذه التقنية كلياً طرق البناء التقليدية البطيئة التي يجب أن تأخذ في الحسبان المهل الضرورية لتصلب البيتون بعد صبه في موقع العمل، وكذلك توفير المواد الخام ونقلها وتخزينها في أمكنة قد لا تكون محمية من العوامل الجوية، وأيضاً انتظار تصلب المواد التي يدخل الإسمنت فيها، كالزمن اللازم لتنفيذ مختلف طبقات الطينة (اللياسة)، وخاصة عندما تكون عالية الإتقان، حتى الأبنية الصغيرة أصبحت تستفيد من تقنية مسبق الصنع بأقصى ما يمكن، وصار من الأمور العادية إنجاز منزل صغير في فترة قصيرة جداً قد لا تتعدى شهراً أو شهرين.

إضافة إلى ما تقدم فإن اختيار مواد البناء والعناية بها أفضل في المعمل منه في الورشة، ليس فقط بسبب سهولة الانتقاء وتوافر الأدوات، بل بسبب إمكان

مراقبة الصنع بدقة لا يمكن تطبيقها في الورشة، فالتحكم بالجودة من قبل الصانع بالغ السهولة في المعمل مما يمكن معه إنتاج عناصر مسبقة الصنع عالية الدقة، بل يمكن أن تكون منجزة من قبل مستخدمها بنفسه، وهكذا يمكن التحكم بجودة ومواصفات المواد المنجزة الجاهزة للتركيب.

يعود تقدم وتطور صناعة التشييد المعتمدة على العناصر المسبقة الصنع إلى عدة عوامل أهمها:

- بدء إنجاز القطع في المعمل من دون انتظار دورها في الورشة.
- التأكد من إحكام مراقبتها في أثناء الصنع.
- ضمان تسليمها في موقع العمل بصورة دقيقة.
- تسهيل تنفيذ أعمال التعهدات.
- اختصار الوقت والتكلفة والهدر في المواد.

على الرغم من الاحتياطات المتبعة في تصميم الأبنية المسبقة الصنع لكي تقاوم الهزات الأرضية، فقد ظلت الشكوك تساور المهتمين بهذا الموضوع حتى صدر التقرير الخاص بزلزال كوبي Kobe اليابانية الذي حدث في 1995/1/17، وكانت شدته أكبر من الشدة التي حددتها الأنظمة المحلية اليابانية لحساب الأبنية على مقاومة الزلازل في منطقته آنذاك، جاء في التقرير "كان أداء الأبنية المسبقة الصنع المسبقة الإجهاد مُرضياً في أثناء الزلزال، وذلك بسبب بنائها بشكل نظامي وبتنفيذها من بيتون مقاومته أعلى من مقاومات البيتون التقليدية، وجرى عدّ طريقة البناء المسبق الصنع كأفضل طريقة للبناء من بين الطرق المعروفة من ناحية مقاومة الزلازل".

أنواع المنشآت مسبقة الصنع:

1- القطع المسبقة الصنع الثقيلة: هي عموماً القطع الخاصة بالأبنية السكنية، وخاصة تلك التي يجب صنعها في المصانع الخاصة بها، (هناك قطع مسبقة الصنع تُحضَّر في الورشات ومواقع العمل)، كقطع الهيكل والواجهات والقطع التي تحتوي على التمديدات الداخلية، وهي تمثل القسم الذي يجب أن تهتم به

الصناعة المتقدمة في هذا المجال، التي تتطلب سلاسل إنتاج كبيرة لكي تكون مجدية مادياً، وبالتالي تستخدم موادَّ تقليدية يتطلب وضعها في الاستعمال آليات وأدوات اختصاصية سواء للتسريع أو التركيب أم لحسن المراقبة في أثناء مراحل التصنيع، كما تتطلب مساحات واسعة للصنع والتخزين، وهي في جميع الأحوال ذات فوائد لا ريب فيها على الرغم من منافسة الوسائل الحديثة في إنشاء الأبنية من خلاطات بيتون على شاحنات كبيرة توصل المجبول إلى المكان المحدد في موقع العمل، لأن تصنيع البناء (إضافة إلى فوائده المادية) يخفف من تنقلات اليد العاملة، إذ يُشَغَّل المزيد منها بعد تدريب بسيط وسريع لإعدادها للعمل في هذا المجال، من بين الأمثلة على القطع المسبقة الصنع الثقيلة: الأعمدة والبلاطات والمظلات العامة والجوائز من البيتون المسلح العادي أو مسبق الإجهاد[1].

إن استعمال البيتون المسلح المسبق الإجهاد، الذي يعتمد على التحام قضبان الفولاذ (المشدودة سابقاً) بالبيتون، يسمح بالحصول على مجموعات متنوعة من أعمدة الخطوط الكهربائية والجوائز بطريقة آلية تامة أو باستخدام يد عاملة قليلة جداً، كما أن استخدام أنواع البيتون العالي المقاومة جداً أدى إلى تخفيف أوزان قطع المسبق الصنع، وإلى وفر كبير في تكلفة النقل وفي استطاعة الروافع المستخدمة في التركيب، وبالتالي في أجورها، هذا ويجري أحياناً إنتاج القطع البيتونية المسبقة الصنع ضمن أفران أو أوعية خاصة يجري التسخين فيها بوساطة بخار الماء إلى 170 درجة مئوية مما يحقق وفراً في الوقت اللازم لتصلب البيتون، وقد أمكن رفع جوائز إلى مكانها بعد ثلاثة أيام من صبها ومعالجتها بهذه الطريقة بدلاً من الانتظار 28 يوماً كما هي الحال من دون تسخين.

2- القطع المسبقة الصنع الخفيفة: من ضمن القطع الخفيفة المتعددة هناك نوعان من الجدران: الجدران الفاصلة وألواح الواجهات، وقد صار استعمالها ضرورياً في الأبنية العالية المتعددة الطوابق سواء كان هيكلها من البيتون أم من الفولاذ،

(1) M. ANDERSON, Prefabricated Prototypes (Princeton Arch. 2006).

وذلك لتخفيف الحمولات، إضافة إلى أن استعمالها في مختلف الأبنية يسهل إعطاءها الطراز المعماري المطلوب من أبسط الأشكال إلى أعقدها، بما في ذلك إعطاء الجدران الخارجية مظهر الجدران الحجرية القديمة.

- الجدار الفاصل: هو قطعة جدار مسبقة الصنع تتألف من صفيحتين بينهما مادة مالئة وعازلة للحرارة، تثبت إلى الهيكل حسب تصميمها، وهي جاهزة للاستعمال ولا تلزمها أي إكمالات من الوجهين، وهي مصممة لتقاوم الرياح ولتحمل وزنها الذاتي فقط، وليست لها علاقة بتوزع الإجهادات المطبقة على هيكل البناء، وهي بسبب سماكتها الضئيلة تسمح باستخدام أفضل للمساحات الداخلية، ومن خصائصها الأخرى عزلها العالي للحرارة والأصوات وسرعة تركيبها وعدم حاجتها إلى السقائل، أخيراً، المواد المستعملة في صناعة هاتين الصفيحتين هي خلائط المعادن المقاومة للصدأ أو المعادن المطلية والزجاج أو الألمنيوم أو بعض أنواع البلاستيك المعالج (الميلامين) أو ألواح الجص وغيرها من المواد غير القابلة للاحتراق، أما المواد المالئة فهي إسفنجية القوام وعلى الأغلب مادة البولي أوريتان polyuréthanne أو ما شابه من المواد العازلة.
- ألواح الواجهات: هي جدران خارجية مسبقة الصنع ليست لها علاقة بغير واجهات البناء فتترك هيكله ظاهراً من الداخل، ويقتصر دورها على فصل البناء عن العوامل الخارجية وأحياناً على فصل داخل البلاطات إلى عدة أقسام (شقق) كبديل للجدار الحالي المستخدم للفصل كما في واجهات الأبنية، ويمكن عدّها حالة خاصة من جدران الفصل ولكنها أكثر ملاءمة للواجهات، حيث يمكن إعطاؤها أشكالاً ومناظر متعددة لتساعد على إعطاء البناء التأثير المرغوب من قبل المعماري المصمم (الشكل 1)[1].

العوامل المؤثرة في تفضيل استعمال مسبق الصنع:

يصبح استعمال البيتون المسبق الصنع مفضلاً في الحالات الآتية:

(1) C. DAVIES, The Prefabricated Home (Reaction Books, 2005).

- ارتفاع أجور العاملين في مواقع المشروعات.
- في البلاد الباردة، التي لا يمكن فيها صب البيتون إلا في أثناء فترة قصيرة جداً.
- ضرورة السرعة في إنجاز العمل.
- عندما تكون مقاومات البيتون المطلوبة عالية في المشروع.

الناحية الجمالية في مسبق الصنع:

- إن واجهة البناء هي وحدها المرئية من قبل العدد الأكبر من المشاهدين العاديين الذين يحكمون على البناء من وحي مظهر واجهاته فقط، وبالتالي فإن مجموعة واجهات الأبنية المتجاورة تعطي المظهر العام لشارع ما، أو حتى لمدينة بكاملها، وإن الإبداعات المعمارية تظهر في الواجهات بصورة رئيسية، ويتيح استعمال العناصر المسبقة الصنع حرّية إضافية للمعماري المصمِّم، خاصة إذا كان التصميم يحتِّم استعمال عناصر متشابهة، وكلما كانت التزيينات المعمارية أدق كان استعمال القطع المسبقة الصنع أفضل وأسهل.
- العناصر البيتونية الثقيلة الوزن الحاملة محدودة التنوع عادة، والأدوات اللازمة لإنتاجها ثابتة، وتعديلها صعب، وفي جميع الأحوال يمكن للإيقاع المتكرر أن يعطي نتائج جيدة إذا تم اختياره بعناية.
- العناصر البيتونية المتوسطة الوزن (سواء كانت غير حاملة أم حاملة جزئياً أم نادراً ما تكون حاملة) تعطي حرية أكبر في التصميم، بتداخل مصمم العناصر المعماري مع مصمم ومنفذ الزخارف، إذ يمكن تركيب هذه القطع بشكل يعطي بروزات مختلفة بين الجدران الخارجية والقواطع الداخلية المتعامدة معها، كما يمكن إدخال مختلف التزيينات الخارجية على نوعي الجدران.
- يمكن إعطاء واجهات المبنى التأثير الجمالي المناسب باستخدام النتوءات والحزوز التي من السهل إظهارها بوساطة العناصر المسبقة الصنع الأفقية (جوائز/جدران) والشاقولية (أعمدة/جدران)[1].

(1) الموسوعة العربية، خلدون عودة، المجلد التاسع عشر، ص581، (بتصرف).

منظومات إدارة المباني : Building management systems

أدت التطورات في هندسة المباني وتعدد وظائفها إلى تغيير في المتطلبات والحلول والتقانات المستخدمة في منظومات التحكم بالمباني وإدارتها building management systems هدفها توفير راحة القاطنين وأمنهم، وقد باتت المباني الكبيرة والمجمّعات تتطلب منظومات خدمات عدة منها ما يخص التدفئة والتكييف والتهوية، والقدرة الكهربائية (التوليد)، والإنارة الكهربائية العادية والاحتياطية، والصرف الصحي، والمصاعد والسلالم الكهربائية، والاتصال (الشبكة الهاتفية والمقسم)، ونقل المعلومات (الشبكات الحاسوبية)، والمراقبة والأمن Security Systems، والتحكم بالدخول access control، والدارة التلفزيونية المغلقة CCTV، والإنذار عن الحريق، والإطفاء.

استخدمت منظومات مستقلة للكشف عن الأخطاء والأعطال، في كل منظومة خدمة وتوليد إشارات إنذار مناسبة، وتُجمع هذه الإشارات في غرفة مركزية تمكن إدارة المبنى وقسم الصيانة من معالجته في الوقت المناسب، إلا أن التطورات التي طرأت على الحواسيب وتقانات الاتصال في السنوات الأخيرة أدت إلى تطور هذه المنظومات لتستخدم في إدارة المبنى بما يفيد في زيادة كفاية القدرة الكهربائية وتخفيض استهلاكها، وغيرها، ويقلل من كلفة استثمار المباني والمجمّعات، كان يطلق على هذه المنظومات أسماء مختلفة إلا انه اتفق على تسميتها أخيراً بمنظومات إدارة المباني building management systems. وقد شاع استخدام هذه المنظومات حالياً في المباني العامة الكبيرة والمتوسطة الحجم مثل المشافي والمباني التجارية والإدارات الصناعية والمطارات ومراكز البحوث والمباني الحكومية، إضافة إلى استخدامها في المجمعات السكنية العصرية الكبيرة.

مهمات منظومة إدارة المباني:

لا تتضمن مهمات منظومة إدارة المباني توفير الخدمات فحسب بل تكاملت معها منظومات الإدارة administrative systems، ويستخدم مصطلح إدارة التسهيلات facility management للمنظومات التي تشغّل المباني وتديرها باستخدام التحكم بمساعدة الحاسوب.

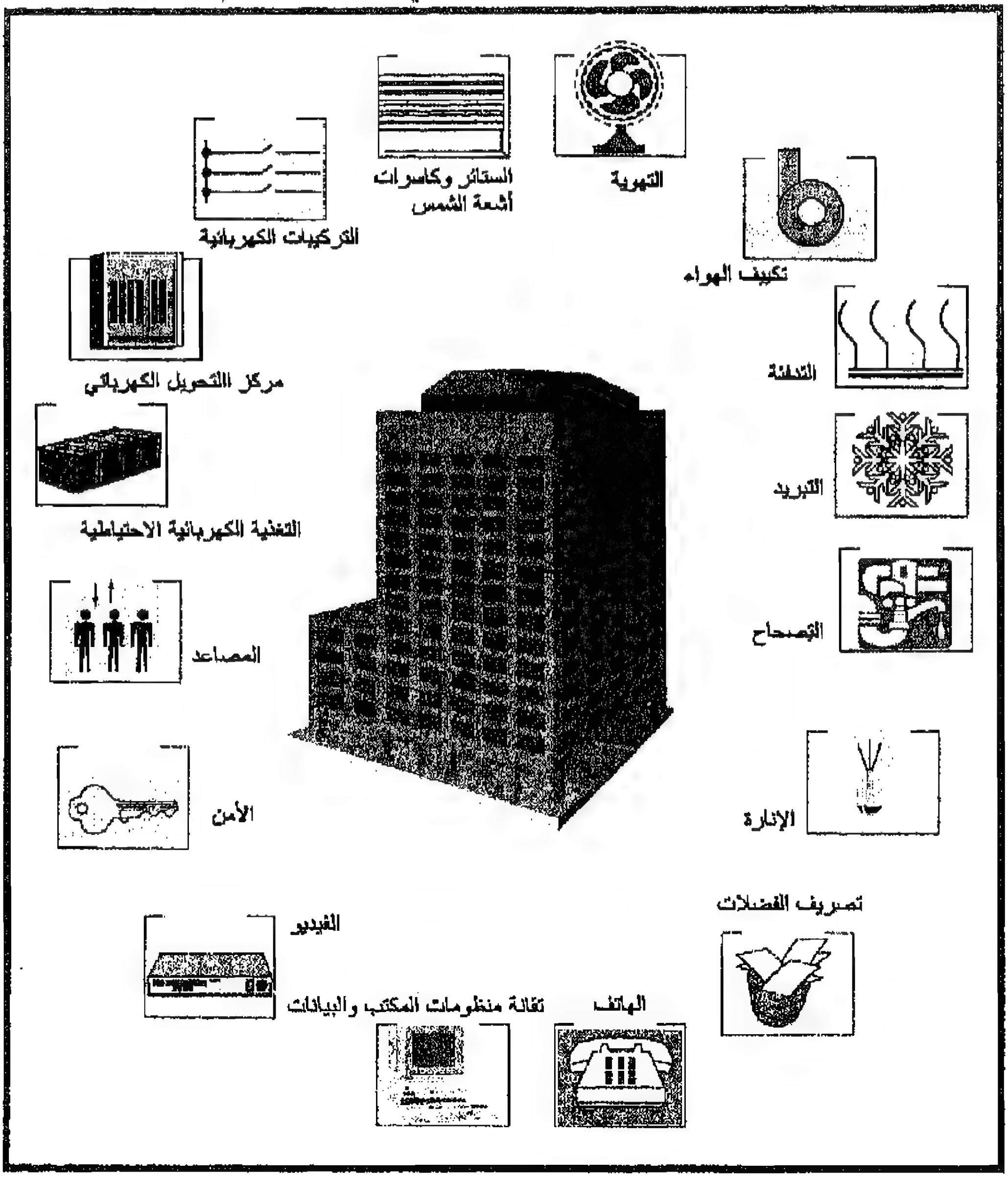
يندرج ضمن المهمات الأساسية لمنظومة التحكم وأتمتة المباني أمور عدة منها: مراقبة جميع تجهيزات الخدمة في المبنى والتحكم فيها والوصول إلى أفضل تشغيل لها (مثل التحكم بالمنظومة الكهربائية لتخفيض متطلبات طاقة تشغيل المبنى إلى حدها الأدنى، مراقبة نظم الإنذار عن الحريق ومكافحة الحريق عند حدوثه، التحكم بالنظم الميكانيكية من تدفئة وتكييف وتهوية من خلال التحكم بوحدات معالجة الهواء والمراجل والمبرِّدات والمضخات)، تسجيل متطلبات الاستهلاك وتقديمها في إحصائيات، توليد تقارير مطبوعة دورية توضح حالة المبنى مبيّن عليها جميع مؤشرات الإدارة للمبنى، إظهار حالة المنظومة والأخطاء التي تحدث في مركز المراقبة، التنسيق بين عمل المنظومات كافة في حالات الكوارث لتحقيق خروج القاطنين بأمان والتأكد من سلامتهم، ففي حالة الحريق تقوم منظومة إدارة المبنى بالتنسيق بين المنظومات الميكانيكية (التكييف والتهوية) والكهربائية (اللوحات الكهربائية والمصاعد وإنارة الطوارئ) والإنذار عن الحريق ومنظومة الإطفاء الآلي ومنظومة المراقبة والاتصالات، للحدّ من انتشار الحريق وعدم انتشار الدخان في ممرات النجاة وأدراجها، لهذا يجب أولاً محاولة عزل منطقة الحريق بإغلاق جميع الأبواب المؤدية إلى منطقة الحريق، وإغلاق أبواب أدراج النجاة وإغلاق نظم التهوية لمنع وصول الهواء الجديد إلى منطقة الحريق (من خلال التحكم بوحدات معالجة الهواء في نظام التكييف والتهوية)، إضافة إلى التحكم بالمنظومة الكهربائية لقطع التغذية الكهربائية وتشغيل الإنذارات الصوتية وإنارة مخارج النجاة والاتصال بمراكز فوج الإطفاء عبر نظام الاتصالات في المبنى، وإرسال جميع الرسائل والإشارات اللازمة، وتشغيل مضخات مكافحة الحريق، كما تقوم المنظومة ببيان مواقع الحريق على شاشات وحدات الإظهار الحاسوبية أو على لوحات توضيحية خاصة مشيرة إلى المسار الأقصر والأفضل والآمن للوصول إلى منطقة الحريق مما يساعد عناصر الإطفاء والقاطنين.

كما تقوم المنظومة بتوفير تحكم مركزي بجميع أجزائها في حالة العمل الطبيعي وعند حدوث الأخطاء والأعطال.

تراتبية (هرمية) المنظومات:

نظراً لحجم منظومات الخدمة في المباني الواجب مراقبتها، فإن منظومات التحكم بالمباني تُبنى لتشكل تراتبية محددة، وقد قُسّمت هذه المنظومات إلى: غرف التحكم وغرف

التحكم الجزئية، والمحطات الفرعية، كانت تشكل المحطات الفرعية المستوى الأدنى للمعالجة في التراتبية، وكانت مهمتها هي تحصيل الإشارات والقيم المقاسة وإصدار الأوامر التحكمية اللازمة إلى منظومات خدمات المبنى، وتأخذ هذه المحطات شكل متحكمات قابلة للبرمجة تسمى عادة متحكمات رقمية مباشرة direct digital controllers (DDC). أما غرف التحكم الجزئية فقد وضعت نتيجة تطور التقانات الرقمية والحواسيب بحيث أمكن توزيع مهمات التحكم التي كانت تناط بغرف التحكم المركزية على الغرف الفرعية باستخدام حواسيب أصغر حجماً وأقل كلفة من تلك التي كانت تستخدم في المراكز القديمة.



الشكل (1)

إن التقسيم العصري لنظم إدارة المباني يضعها في تراتبية من ثلاثة مستويات هي: مستوى الإدارة management level، ومستوى التحكم والأتمتة control and automation level، والمستوى الميداني field level (الشكل 1)[1].

المستوى الميداني:

يستخدم هذا المستوى لإدخال المعطيات من منظومات خدمات المبنى من خلال حسّاسات مناسبة (مثل حسّاسات الضغط والحرارة والرطوبة والإضاءة) رقمية أو تمثيلية، أو إخراجها إلى المشغّلات actuators الميدانية، وقد تُرسل المعطيات المحصلة ميدانياً إلى المستوى الأعلى في التراتبية، كما تقع ضمن مهمات المستوى الميداني مراقبة الغرف والتحكم بوظائفها من تدفئة وإنارة وتهوية والتحكم بالأبواب والستائر.

توصل عادة الحساسات والمشغلات مباشرة إلى مداخل المتحكم الميداني field controller ومخارجه، أو قد توصل عبر شبكة اتصالات تسمى شبكة اتصال ميدانية، كما توصل إلى هذه الشبكة الميدانية أيضاً المتحكمات الذكية التي تستخدم لضبط وظائف الغرف، ويجب أن تكون هذه الشبكة اقتصادية وآمنة وسهلة التركيب، وأن تكون سرعة نقل المعطيات فيها معقولة (ولكن ليست سريعة جداً) وذلك لكبر عدد الحسّاسات والمشغلات الموصولة إليها، ولكن يبقى مطلوباً أن تكون سرعة الاستجابة مقبولة.

تتوافر حالياً معايير "بروتوكولات" اتصال للشبكة على المستوى الميداني منها: البروتوكول الفرنسي BatiBus لأتمتة المباني العامة والسكنية، والبروتوكول الأوروبي EHS (منظومة المسكن الأوروبية European Home System)، ومسرى التركيبات الأوروبي (European Installation Bus (EIB)، والبروتوكول الأكثر شيوعاً هو البروتوكول lonTalk التي طورته شركة

(1) J OHN J. MCGOWAN, Networking for Building Automation and Control Systems (Fairmont Pr. 1992).

إيكيلون Echelon الأمريكية، تهتم جميع هذه البروتوكولات بتوصيف الإشارات الواجب نقلها وتوصيف المسرى الذي تُوصل إليه التجهيزات وطريقة عمله وجعلها معيارية لتمكين استخدام تجهيزات من شركات مختلفة في منظومة واحدة.

مستوى التحكم والأتمتة:

يُنفذ مستوى التحكم والأتمتة جميع وظائف المراقبة والتحكم وأَمْثَلَة الوظائف في منظومة خدمات المبنى، ويكون ذلك باستخدام متحكّمات موزعة أو متحكمات نمطية مركبة في غرفة التحكم، تكشف هذه التجهيزات الأعطال التقانية وتُراقب وتقيس قيم الاستهلاك على ألاّ تتجاوز الحدود المسموح بها، وتقرر ساعات العمل لمختلف مكونات المنظومة وطريقة تحصيل القياسات للإشارات المراد مراقبتها والتحكم فيها، والغرض الأساسي لها هو التحكم رقمياً بالخدمات المتوافرة في المبنى، أما المتحكمات فهي قابلة للبرمجة وتبرمج ميدانياً عبر وحدات برمجة programming units، أو يمكن تحميلها بالبرنامج المطلوب عبر وصلها إلى حاسوب مناسب في مستوى الإدارة[1].

يتألف المتحكم القابل للبرمجة عادة من:

- وحدة معالجة مركزية مبنية حول معالج صغري له عرض كلمة يبلغ 8، أو 16، أو 32 بت وفقاً لطبيعة المعالجة.
- وحدة ذاكرة بحجم كاف لتخزين البرامج اللازمة للمتحكم ليقوم بوظيفته.
- عدد من بوابات الإدخال التمثيلية لإدخال الإشارات المقاسة من الحساسات التمثيلية للحرارة والرطوبة والضغط والتيار الكهربائي.
- عدد من المداخل الرقمية لإدخال الإشارات المقاسة من الحساسات الرقمية للإعلام عن حالات الإنذار.
- عدد من المخارج التمثيلية لقيادة الصمامات والمشغلات والدنابر والمضخات.

(1) ROBERT BOYLL, Management Tools and Systems for the Building Engineer/Maintenance Supervisor (Leo A. Meyer Associates 2002.

- بوابات للربط مع الشبكة الميدانية التي تربط مختلف الحساسات والمشغلات من جهة، ومع الشبكة التي تربط نظام الإدارة.

تُحمَّل هذه المتحكمات ببرامج معدّة سلفاً تترجم الخوارزمية المطلوبة للتحكم، وقد أصبح متوافراً في الأسواق متحكمات قابلة للبرمجة تنجز فيها خوارزميات تحكم خطية linear كتغذية متحولات الحالة خلفياً، أو تنجيز متحكم تناسبي proportional controller(PC) أو تناسبي تفاضلي proportional derivative(PD) أو تناسبي تكاملي proportional integral(PI) أو تناسبي تفاضلي تكاملي proportional- integral derivative(PID)، وغير خطية non -linear بما في ذلك تلك التي تعتمد مبادئ التحكم العائم fuzzy control أو التحكم الموائم adaptive control أو مزيجاً منها.

تُوصل جميع المتحكمات القابلة للبرمجة عبر شبكة تسمى شبكة مستوى التحكم والأتمتة control and automation level network (CALN)، وتسمح هذه الشبكة بتواصل المتحكمات مع بعضها ومع مستوى الإدارة الأعلى في التراتبية، وهذا ضروري لأنه يجب تحميل المتحكمات من المستوى الأعلى بالبرامج والأوامر الجديدة، وفي الوقت نفسه إيصال المعلومات إلى مستوى الإدارة من المستوى الأدنى، لهذا يجب أن تكون هذه الشبكة قادرة على نقل كميات كبيرة من المعطيات بسرعة أكبر من تلك إلى شبكة المستوى الميداني التي تربط الحساسات والمشغلات مع المتحكمات، لهذا تزود المتحكمات ببطاقات توفيق للربط مع كلتا الشبكتين.

أكثر البروتوكولات الشبكية المستخدمة على هذا المستوى هي بروتوكول شبكة التحكم والأتمتة للمباني Building Automation and Control Network(BACnet) الذي طُور في الولايات المتحدة الأمريكية، وبروتوكول المسرى الحقلي للعمليات Process Field Bus (PROFIBUS) الذي تم تطويره في ألمانيا وتبناه الاتحاد الأوروبي، تعتمد جميع هذه البروتوكولات تراتبية شبيهة بتلك المستخدمة في

الشبكات الحاسوبية المعروفة وتختلف عنها في خصوصية التطبيقات الصناعية وكبر المسافات المطلوبة في المصانع والمنشآت الكبيرة[1].

مستوى الإدارة:

مستوى الإدارة هو المستوى الأعلى في تراتبية نظم إدارة المباني، وتتضمن وظائفه ما يأتي: إظهار الرسائل والأحداث وطباعتها، إضافة رسائل نصيّة وتقارير عن عمل المنظومة، التحكم بالإذاعة الداخلية، توفير توضيح رسومي للمبنى بغرفه كلها، يوضح على كل منها حالة العمل والقيم المقاسة بمختلف المتحولات، التحكم بنظام النداء، وتتضمن الوظائف أيضاً: تقديم تقارير إحصائية تتعلق بالأعطال، وتغير الحرارة، والاستهلاك، وتغير القدرة الكهربائية، إمكانية تشغيل المنظومة كاملها ومراقبتها، والصيانة وتحليل المعطيات.

عادة ما تكون التجهيزات في هذا المستوى حواسيب شخصية أو حواسيب متطورة (أحادية المعالجات أو متعددة المعالجات) أو محطات عمل متطورة تعمل كمخدم لشبكات الإدارة، وتزود ببرمجيات تطبيقية مناسبة لتوفير الوظائف السابقة المطلوبة من نظام إدارة المبنى، تربط تجهيزات هذا المستوى التي تتوضع عادة في غرفة التحكم والمراقبة المركزية للمبنى بوساطة شبكة تسمى شبكة مستوى الإدارة management level network، وتكون هذه الشبكة من أصناف الشبكات المحلية (LAN) التي تتميز بنقل المعطيات بسرعات عالية، لأن معظم هذه التجهيزات كما ذكر أعلاه هي حواسيب شخصية أو حواسيب متطورة أو محطات حاسوبية، كما تربط باستخدام وحدات توافق مناسبة عادة نظم التحكم بالدخول access control systems، ونظم الإنذار عن الحريق، ونظم الإنذار عن السرقة والتسلل ونظام الدارة التلفزيونية المغلقة CCTV إلى المحطة المركزية (الحاسوب) عبر هذه الشبكة أيضاً.

(1) VAUGHN BRADSHAW, Building Control Systems (Wiley 1993).

أكثر البروتوكولات الشبكية المستخدمة على مستوى الإدارة هذا هي: البروتوكول BACnet الأمريكي، والبروتوكول FDN 1.0 (الذي طُوّر في ألمانيا)(1).

منظومات المعلومات الجغرافية Geographic information systems / GIS

يشهد العالم اليوم ثورة شاملة وتطوراً متسارعاً في مجال تكنولوجيا المعلومات information technology (IT) أدّت إلى ظهور مجتمع جديد يسمى مجتمع المعرفة society of knowledge الذي عمل على تغيير معايير قياس التطور الحضاري، كما أن ظهور التقنيات الحديثة أحدث تغييراً ملموساً في تفكير الإنسان وفي نظام حياته، فبات يسعى جاهداً إلى اعتماد أساليب متطوّرة تدعم اتخاذ قراره ليكون صائباً، وتمكّنه من الحصول على معلومات كافية عن استفسار يهمه حول مسألة ما بدقّة عالية وبأسرع وقت ممكن.

تُعد منظومات المعلومات الجغرافية Geographic Information Systems (GIS) من التِّقنيات الحديثة المهمة، إلا أنه لابد من تكامل جميع العناصر الأساسية لاستثمارها استثماراً سليماً، وقد بدأت هذه المنظومات في كندا عام 1964 على يد روجر توملنسون R.Tomlinson، وفي فترة السّبعينيات من القرن الماضي زاد عدد الشّركات المتخصصة في برمجيات هذه المنظومات، ثم شهدت الفترة بعدها زيادة في الأموال المرصودة للهيئات الحكومية والشّركات الخاصة بها، وكذلك زيادة في عدد المتخصصين وانخفاض في أسعار أجهزة الحاسوب والبرمجيات، مما أدى إلى تطور كبير في فعالية هذه البرمجيات وأدائها.

هنالك عدة تعريفات لمنظومات المعلومات الجغرافية، منها ما يأتي:

- هي حالة خاصة من نظم المعلومات تحتوي على قواعد بيانات تعتمد على دراسة التّوزيع المكاني للظواهر والأنشطة والأهداف التي يمكن تحديدها في المحيط المكاني مثل النقاط والخطوط والمساحات، وهي تقوم بمعالجة

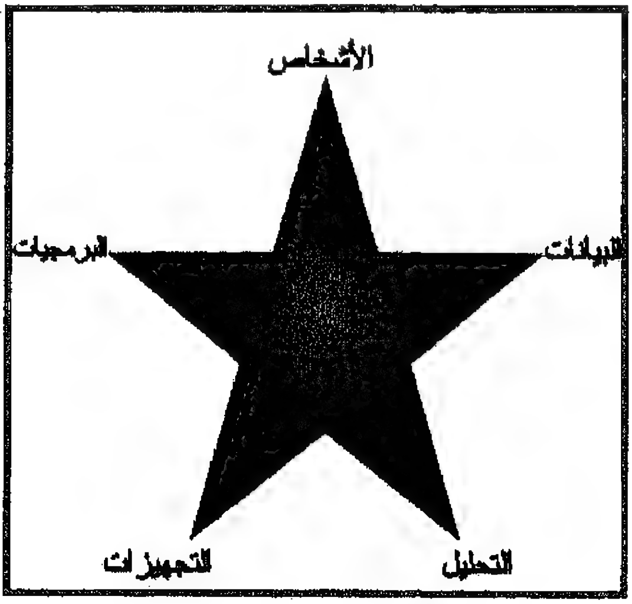
(1) الموسوعة العربية، فيصل العباس، المجلد التاسع عشر، ص690، (بتصرف).

البيانات المرتبطة بتلك النقاط أو الخطوط أو المساحات لجعل البيانات جاهزة لاسترجاعها من أجل تحليلها أو الاستعلام عن بيانات معينة من خلالها.

- هي نظام متكامل يستخدم في الحصول على البيانات وتخزينها والتّحكم بها ثم تحليلها وعرض المعلومات المتعلقة بالطبيعة الجغرافية.
- هي عمليات تهتم بالخرائط ذات المقياس الكبير ويتطلب تنفيذها نفقات طائلة، وهي تُستخدم من قبل الحكومات والأقسام الإدارية والبلديات لهدف أساسي هو دعم السّياسيين والإداريين لاتخاذ قرارات متوازنة فيما يتعلق بالموارد الطبيعية والبشرية.
- هي وصف عام لنظام يعتمد على الحواسيب الآلية، يعطي إمكانية تحويل البيانات والخصائص الجغرافية وتحليلها وعرضها.

يمكن القول إن منظومات المعلومات الجغرافية هي تقنية يستخدم فيها الحاسوب، مكوّنة من البيانات والتّجهيزات والبرمجيات والعمليات التي تستخدم من أجل تحويل البيانات المتعلقة بسطح الأرض وتخزينها وربطها وتحليلها وعرضها بهدف مساعدة صانعي القرار والمخططين على إعداد الخطط الرّشيدة.

1- مكونات منظومات المعلومات الجغرافية:



الشكل (1) مكونات منظومات المعلومات الجغرافية

يُبيِّن الشكل (1) المكونات المطلوبة لإنجاز مهام منظومات المعلومات الجغرافية[1].

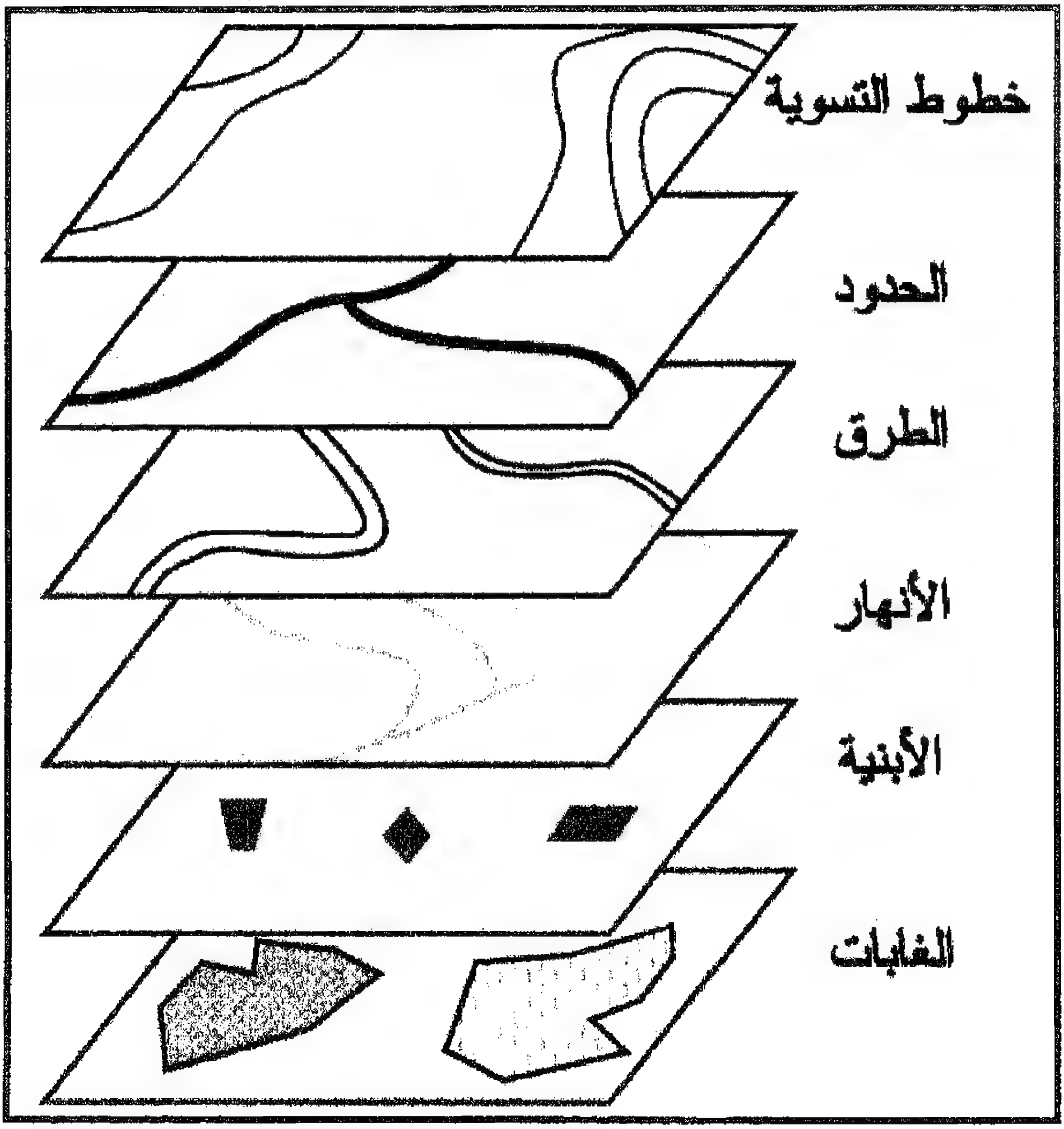
- الأشخاص: يطوِّر الأشخاص الإجراءات ويعرِّفون مهام المنظومات، والمستلزمات البشرية الضرورية لتنفيذ مشروعات GIS هي:
- مدير مشروع GIS يجب أن يكون على معرفة بالتخطيط لاستخدام تطبيقات GIS وبكيفية اختيار تجهيزات وبرمجيات GIS، وتقديم الاستشارات لمستخدمي GIS والتَّواصل معهم، وإدارة عمل العناصر البشرية المطلوبة لهذه المنظومات وتنسيقها، إضافة إلى وضع الميزانية المناسبة للمشروع.
- مدير قواعد البيانات databases manager: يجب أن يكون على علم بتصميم قواعد البيانات لـ GIS وصيانتها وتحديثها وضبط جودتها ونوعيتها، ووضع خطة للحصول عليها وإخراجها وإنتاج الخرائط.
- مُعدّ الخريطة الرقمية digital map maker: يجب أن يكون على معرفة بمصادر البيانات المتوفِّرة ورقمنة digitization الخرائط، وتحصيل البيانات من الصور الجوية والاستشعار عن بعد وأيضاً إدخال البيانات الوصفية للعناصر وتصميم الخرائط الرقمية وإنتاجها.
- مُشغل النظام system operator: يقوم بالإشراف على عمل تجهيزات منظومات المعلومات الجغرافية وبرمجياتها، وإجراء النسخ الاحتياطي لملفات البرامج والبيانات وتقديم الدعم الفني لمستخدمي المنظومات.
- مبرمج programmer: يستطيع برمجة عملية تحويل البيانات بين الأنظمة المختلفة وإعادة صياغتها، وكتابة برامج تطبيقية لمسألة محدَّدة في بيئة برمجيات هذه المنظومات وتخصيص customizing قوائمها بما يتناسب مع التطبيق.
- البيانات data: تُمثِّل القلب النابض لهذه المنظومات، وتؤثِّر دقّتها وتوفرها في نتائج أي استعلام أو تحليل، تُقسم بيانات المنظومات إلى نوعين هما:

---

(1) G.F.CARTER, Integration of Geological Datasets for Gold Exploration in Nova Scotia (Geological Survey of Canada, Ottawa).

أ- البيانات المكانية spatial data: ترتبط بجملة إحداثيات جغرافية أو مستوية، ومصدرها الخرائط أو القياسات الحقلية وتُمثّل بإحدى النموذجين الآتيين:

- نموذج البيانات الشعاعية vector data model: وهي عبارة عن تراكيب من نقاط وخطوط وعناصر سطحية، تحوّل الخرائط الورقية إلى شكلها الرقمي عن طريق المرقّمة البيانية digitizer الحاوية على قرص لاختيار النّقاط أو مباشرة على شاشة الحاسوب باستخدام الفأرة والبرامج الخاصة بذلك.



الشكل (2) فرز البيانات المكانية إلى عدة طبقات

- نموذج البيانات المتريسية raster data model: يستخدم هذا النّموذج عناصر الصّورة pixels أو شبكة خلايا لتمثيل البيانات المكانية وتخزينها، تحوَّل الخرائط الورقية والصور إلى هذا النموذج بوساطة الماسح الضوئي scanner.

تُجمع البيانات المكانية في الخريطة الرقمية بعدّة طبقات layers (الشكل 2) بهدف التغلّب على المشكلات التقنية الناجمة عن معالجة كميات كبيرة من البيانات دفعة واحدة، تُعرَّف الطبقة بأنّها تصنيف متفصل لنوع من السمات feature المكانية.

ب- البيانات الوصفية attribute data: تحتوي على بيانات تفصيلية مثل بيانات العقارات (أسماء مالكيها ومساحتها والمنطقة العقارية وحقوق الارتفاق) وهي تخزَّن ضمن جداول إلكترونية تتكوّن من السجلات records، التي تشتمل على عدّة حقول fields. تُصنّف البيانات الوصفية إلى:

1) بيانات نوعية qualitative كاسم المنطقة العقارية وحقوق الارتفاق، تتضمن عملية تصميم قواعد البيانات الوصفية الخطوات الآتية:

- تحليل آلية العمل (business process) وبنية البيانات المتوافرة.
- وضع النموذج المنطقي (logical model) الذي يُوضِّح كيفية توضُّع البيانات ضمن جداول معينة والعلاقات بينها.
- تعيين النموذج الفيزيائي (physical model) الذي يبيّن مكان البيانات وتخزينها في نظام ملفات محدَّد وإجراءات الصيانة والنسخ الاحتياطي.

2) بيانات كمية (quantitative) كمساحة العقار وعدد الخرائط في المنطقة العقارية... الخ.

- التجهيزات hardware: تتكوّن تجهيزات منظومات المعلومات الجغرافية من الحواسيب التي يجب أن تتصف بسرعة معالجة عالية وقدرة كبيرة على تخزين البيانات، وكذلك وسائل إدخال البيانات input devices كلوحة المفاتيح keyboard والمرقّمة البيانية digitizer والماسح الضوئي scanner،

ووسائل إخراج البيانات كشاشة العرض monitor والراسمة الملونة color plotter والطابعات printers.

- البرمجيات software: عبارة عن برمجيات GIS إضافة إلى برمجيات قواعد البيانات وبرمجيات التصميم بمعونة الحاسوب Computer Aided Design (CAD) وغيرها، ويُعد برنامج ArcGIS وGeoMedia من أهم برامج GIS، وهذا لا يعني بالضرورة أنّه الخيار المناسب إذا كانت الوظائف المطلوبة في المشروع متوفرة في برنامج أسهل وأقل كلفة، وهناك أيضاً برنامج خرائط أوتوكاد AutoCAD Map الذي يجمع بين إمكانات GIS وقدرات CAD(1).
- التحليل analysis: إن الهدف الأساسي من منظومات المعلومات الجغرافية هو إجراء الاستفسارات والتّحاليل على البيانات المتوافرة بهدف دعم اتخاذ القرار لمسألة محدّدة.

وتشتمل النقاط الآتية على أهم أنواع الاستفسارات الممكنة في GIS:

1- الاستفسار عن الموقع location question: أي الإجابة عن السّؤال "ماذا يوجد في موقع محدّد...؟ من يملك قطعة الأرض في موقعٍ ما".

2- الاستفسار الشرطي conditional question: بمعنى "ما هي المواقع التي تحقق شروطاً معينة؟" كالاستفسار عن الأراضي المخصصة للاستخدام الصناعي.

3- الاستفسار عن التغيرات trendy question: وهو إعطاء جواب للسؤال "ما هي التّغيرات التي حدثت في موقع ما مع مرور الزمن؟" كالاستفسار عن مساحة الأرض التي تحولت من مناطق زراعية إلى سكنية خلال عشر سنوات في منطقة ما.

4- الاستفسار عن الأنماط patterns question: توضيح كيفية توزع نمط ظاهرة محددة كالسؤال عن علاقة انتشار مرض ما بالقرب من أحد مصادر المياه أو منشأة صناعية.

---

(1) K.J.DUEKER, Geographic Information Systems and Computer Aided Mapping, (Journal of the American Planning Association No. 53, 1987).

5- الاستفسار عن النموذج model based question: أي تحديد النتائج الناجمة عن تطبيق نموذج أو عدّة نماذج على موقع، ويصاغ هذا النوع من الاستفسارات بالعبارة "ماذا لو ... What if" كالاستفسار عن مساحة الأراضي الواجب استملاكها فيما لو اعتمد مسار خط توتر عالٍ في المنطقة(1).

2- مقوّمات نجاح مشروعات منظومات المعلومات الجغرافية:

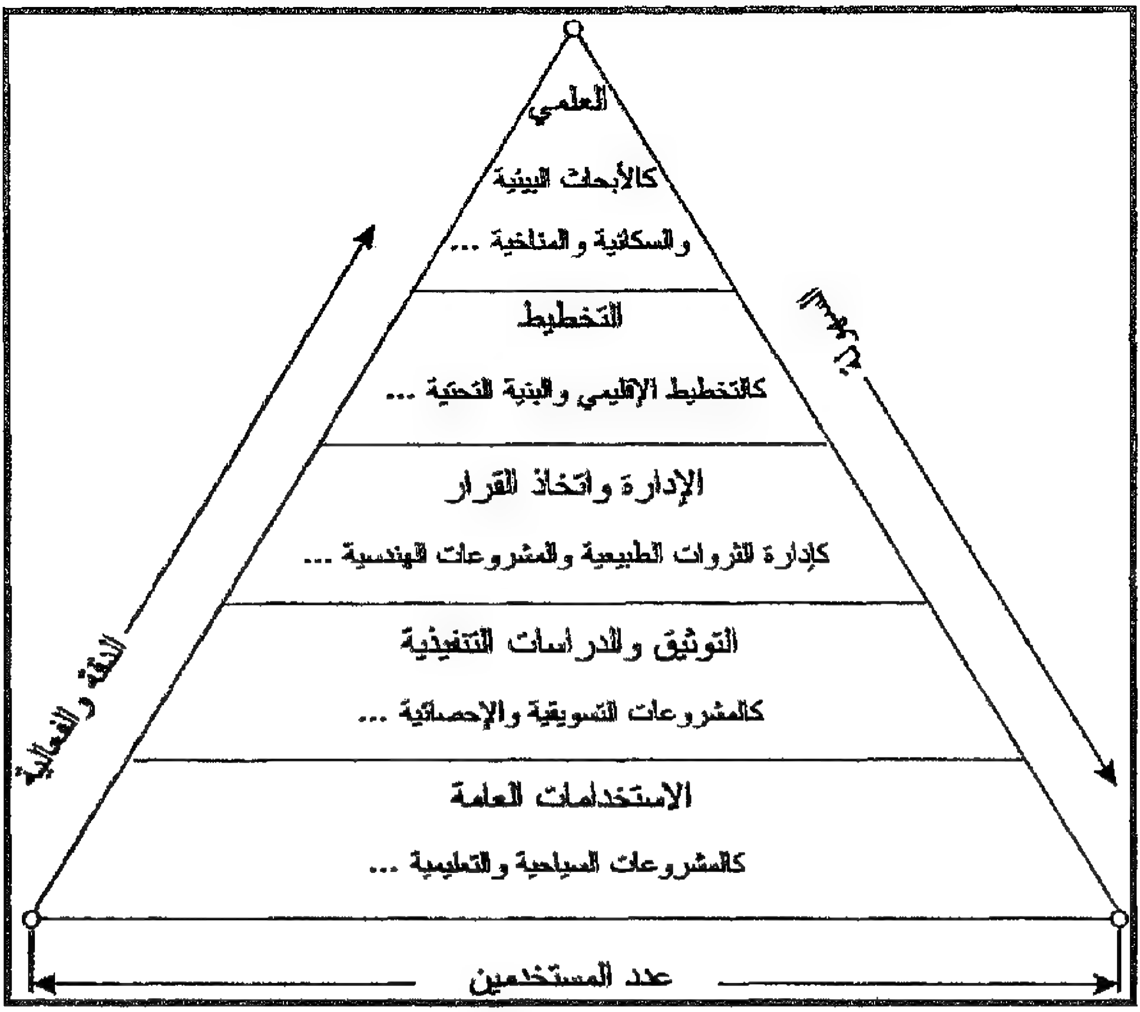
تعد المقوّمات الآتية من العوامل الرّئيسية المهمة في نجاح مشروعات هذه المنظومات:

- وضع تصور محدّد لمشروع المنظمة، والتّخطيط الجيد له: تُعد قدرة القائمين على هذا المشروع من تعريف الموضوع والهدف والغاية ومكوناته أحد أهم أسباب نجاحه.
- تحصيل البيانات: تحتل كلفة تحصيل البيانات نحو 80٪ من الكلفة الكلية لمشروعات GIS، ولهذا يجب إعطاء أهمية كبيرة لاختيار البيانات المطلوبة وتصنيفها.
- صيانة قواعد البيانات: خاصة فيما يتعلق بالمحافظة على جودة البيانات وتحديثها المستمر.
- الاستفادة من الخبرات consensus of supporters: يجب أن يكون هناك تعاون من قبل أعضاء فنيين ومهندسين آخرين مع الأشخاص القائمين على مشروعات GIS.
- تخصيص برمجيات customizing software: قد لا تفي برمجيات GIS المتوافرة في الأسواق بالغرض بالنسبة لتطبيقات معينة، لذا يجب العمل على تطويرها بما يتناسب مع التطبيقات المطروحة(2).

---

(1) D.F.HEMENWAY, Onward and Forward - Change in GIS (Photogrammetric Eng. & Remoter Sensing, Vol. 58, No. 11, November 1992).

(2) S.DJAZMATI, & S. MAKDISSI, Geographic Information Systems (Dar Al-Shark Al-Arabi 2000).



الشكل (3) تصنيف رئيسي لتطبيقات منظومات المعلومات الجغرافية

- المشاركة بين البيانات data sharing: تُخفض هذه العملية الكلفة الكلية لتحصيل البيانات وتُعزز استخدام قواعد البيانات.
- التأهيل والتدريب education and training: للتأهيل والتدريب أهمية كبيرة لفهم أسس منظومات المعلومات الجغرافية والهدف منها والتّقنيات الضرورية لها بغية تنفيذ مشروعاتها على الوجه الصّحيح.

3- تطبيقات منظومات المعلومات الجغرافية:

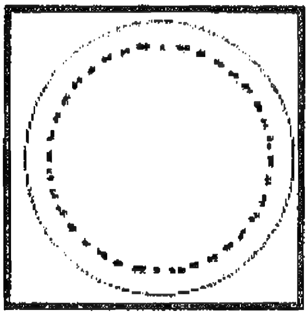
تتميز منظومات المعلومات الجغرافية حالياً بفعالية أكثر مما كانت عليه، إضافة إلى انتشارها الواسع وتلبيتها جميع متطلبات العمل في مجالات كثيرة الأمر الذي جعل ميادين استخدامها لا حصر لها، يُمكن عموماً وضع تصنيف رئيسي

لتطبيقاتها اعتماداً على عدد مستخدميها والدقة المطلوبة وبالتالي كلفتها وفعاليتها، يُمثّل هذا التصنيف هرمياً، حيث الهرم مقسم إلى عدّة شرائح تُعبّر كل منها عن مجال من مجالات استخدامها (الشكل 3)، ويزداد عدد مستخدميها كلما قلّت الدقة المطلوبة في المشروعات (الانتقال من رأس الهرم إلى قاعدته وبالتالي تكون الكلفة والفعالية أقل، وعليه تزداد التّطبيقات صعوبة وتعقيداً وكلفةً بالانتقال من قاعدة الهرم إلى رأسه.

إن ضرورة إدخال منظومات المعلومات الجغرافية في مراحل التعليم في البلاد العربية يفتح آفاقاً جديدة في فهم العلوم الجغرافية وكيفية إنتاج الخرائط المختلفة والتعرف على تطبيقات هذه المنظومات في مجالات أخرى، إضافة إلى التواصل الفعّال بين المؤسسات التعليمية والمنظمات والهيئات العاملة بهذه التقنيات[1].

منقلة (أداة): (Protractor (tool

منقلة نصف دائرية (180 درجة)


منقلة دائرية (360 درجة).

أداة قياس الزوايا تعرف بـ (المنقلة)، وهي أداة تستخدم لحساب درجة الزوايا ويوجد منها نوعان نصف دائري، ويقوم بحساب ما زاويته إلى 180° والدائري، والذي يقوم بحساب ما قيمته 360°، غالباً ما تستخدم في علمي الرياضيات والهندسة[2]، ولكن تتعدى استخدامها هذين العلمين، فتستخدم على سبيل المثال

(1) الموسوعة العربية، معن حبيب، المجلد التاسع عشر، ص724، (بتصرف).
(2) http://www.ossmann.com/protractor

منقلة خاصة في علم الفلك لتحديد أماكن الكواكب والمجرات، وغيره من الاستخدامات الكثيرة لهذه الأداة[1].

مهندس: Engineer

المهندس Engineer هو محترف مهنة الهندسة، الذي يطبق المعرفة العلمية والرياضية لحل المشكلات الفنية، يصمم المهندسون المواد والبنايات والماكينات والنظم آخذين في الاعتبار قيود التكلفة والجودة أو الأمان.

يدرس المهندسون أساس العلوم التطبيقية، ويختلفون عن العلماء الذين يقومون بالبحوث وعن الفنانين الذين يهتمون بالجماليات، يربط عمل المهندسين بين الاكتشافات العلمية والتطبيقات التي تسد حاجات المجتمع[2].

مواد بناء: Building Materials

مواد البناء الخامية:

وتشمل هذه الخامات بصفة أساسية كالآتي:

❖ خامات مواد البناء وهي تشمل خمسة مجموعات رئيسية:

1- مجموعة الأحجار الصلبة (جيرية– رملية– دولوميتية– جرانيت– رخام..الخ): وتستخدم النوعيات المناسبة منها من حيث الخواص الطبيعية والتركيب الكيميائي في صناعة الأسمنت والجير والدبش والطوب ورصف الطرق والتكسيات المعمارية وأحجار البناء بالإضافة إلى الصناعات الكيميائية.

2- مجموعة المعادن الطينية والطفلات: وتستخدم في إنتاج الأسمنت والطوب الطفلي والصناعات الحرارية.

3- مجموعة الرمال والزلط: وتستخدم في عمل الخرسانات الأسمنتية وصناعة الأسمنت ورصف الطرق وصناعة المرشحات.

---

(1) ويكيبيديا، الموسوعة الحرة، (بتصرف)..

(2) المصدر السابق.

4- مجموع الجبس: وتستخدم في صناعة الأسمنت وتكسيه الحوائط.

5- البازلت: ويستخدم في رصف الطرق وبعض أنواعه في صناعة الصوف الصخري.

❖ الرمال البيضاء (رمال الزجاج):

1- وهي تستخدم أساساً في صناعات الزجاج والسيراميك.

2- استغلال هذه الخامات يتم من خلال المحافظات المختلفة[1].

المياه (معالجة-): Water treatment

المياه هي أساس الحياة﴿ وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ ﴾(الأنبياء 30).

وهي مادة مركبة من ذرتي هدروجين تتحدان مع ذرة من الأوكسجين ومن عدد قليل من الأيونات الموجبة والسالبة لتكوين جزيء الماء.

ومياه الشرب drinking water هي المياه الطبيعية التي تتوافر فيها المعايير الفيزيائية والكيمياوية والجرثومية لمنظمة الصحة العالمية سواء أكان ذلك من مصدرها الطبيعي كالنبع أم بعد إجراء عمليات التنقية عليها.

لمحة تاريخية:

إن الحضارات التي بقيت في ذاكرة التاريخ، وخلّدها في صفحاته، نشأت حول ضفاف الأنهار والبحيرات والينابيع الطبيعية والآبار التي قام بحفرها الإنسان، والتي عليها كان يعتمد السكان، وحولها تجمعوا، وسكنوا، عرفت عملية جرّ المياه من مكان إلى آخر بهدف الشرب أو الري في أقنية مصنوعة من الفخار أو الخشب منذ العهد الروماني، وآثارها مازالت واضحة في عدد من المدن الإيطالية وفي كثير من الأمكنة الأخرى داخل إمبراطورية روما، كما في قرطاج وطرابلس الغرب والقنوات ودمشق ومعلولا وتدمر وغيرها، وفي مدينة حماة ارتبطت قنوات جرّ مياه نهر العاصي باختراع الناعورة في العصر نفسه، وحل المحرك البخاري محلّ الناعورة في منتصف القرن الثامن عشر.

(1) المصدر السابق.

وظلّت الموارد الطبيعية تمد السكان بالمياه النقية حتى النصف الأول من القرن التاسع عشر الذي شهد ثورة صناعية كبيرة وتزايداً سريعاً في تعداد السكان وانتشاراً لوباء الكوليرا كان سببه التلوث الذي أصاب الموارد المائية، والذي نتج من عدم معالجة مياه المجاري التي كانت تصبّ مباشرة في الأنهار والبحيرات.

وبنتيجة ذلك صدر أول مرسوم في بريطانيا عام 1847 بخصوص محطات تنقية المياه، وكان المسهم الرئيس في صدور هذا المرسوم هو إدوين تشادويك Edwin Chadwick، ومنذئذ بدأ الاهتمام بمراقبة الموارد المائية، وانتشرت في أوروبا محطات تنقية مياه الشرب.

بدأت فكرة تنقية المياه باستخدام طرائق ميكانيكية كالترقيد لإزالة المواد العالقة، وانتشرت أحواض الترقيد في المدن والأرياف حيث كانت تستخدم خزانات لحفظ المياه إضافة إلى عملية التنقية، وهكذا حتى النصف الثاني من القرن التاسع عشر حين بدأت تتطور طرائق التنقية، وعُرف المرشح الرملي البطيء أول مرّة في بريطانيا، وبعدها عُرف المرشح السريع واستخدم أول مرة في أمريكا.

وفي عام 1947 تأسست منظمة الصحة العالمية، ووضعت معايير لمياه الشرب، وألزمت بها كل دول العالم، وهكذا بدأ الاهتمام يتزايد لتأمين المياه بالنوعية والكمية اللازمة، وتطورت طرائق التنقية، لتشمل التعقيم وإزالة الملوحة وتخفيض العسارة بما يتوافق مع المعايير العالمية.

مصادر المياه وخصائصها واستعمالاتها:

1- مصادر المياه:

تقسم المياه حسب مصدرها إلى:

أ- مياه الأمطار rainwater: تعد مياه الأمطار مصدر تغذية المياه السطحية والجوفية معاً، وتكون نقية عند بدء سقوطها في طبقات الجو العليا، إلا

أنها بمجرد ملامستها للسطح المستقبل لها تفقد هذه الصفة لتلوثها بما قد يكون عليه من ملوثات، ويمكن استعمال مياه الأمطار في حال توافرها، وذلك بعد دراسة معدلات سقوطها ومدى ملاءمتها للاحتياجات المائية المطلوبة على أن تجمع بطريقة صحية لا تسبب تلوثها.

ب- المياه السطحية surface water: تعدّ المياه السطحية (أنهار، بحيرات، بحار) المصدر الأساسي لتأمين الاحتياجات المائية سواء أكانت بشرية أم صناعية، إلا أنها ملوثة لتعرضها للعوامل البيئية المختلفة.

يمكن أن تتغذى الأنهار من مياه الينابيع أو من ذوبان الثلوج أو من بحيرات، أما البحيرات فهي إما بركانية وإما جليدية وإما اصطناعية تتشكل من إقامة السدود على الأنهار، أما مياه البحار فهي مالحة، ولا يمكن استعمالها مباشرة، إلا أنه نتيجة التطور التكنولوجي السريع في السنوات الأخيرة فقد انتشرت وعلى نحو واسع محطات إزالة ملوحة المياه، وأصبح بالإمكان استثمار مياه البحار في تأمين الاحتياجات المائية للشرب والصناعة والزراعة.

ج- المياه الجوفية groundwater: وهي المياه الموجودة تحت سطح الأرض، والتي تسربت خلال طبقاتها، وتوجد على أعماق مختلفة حيث يتوقف ذلك على التركيب الجيولوجي لطبقات الأرض، وقد عدّت المياه الجوفية مصدراً مهماً للمياه عبر العصور سواء للاستهلاك البشري أم في استخدامها للري، وتتميز المياه الجوفية بأنها أكثر صفاء من المياه السطحية، ولا تحتوي على مواد عالقة ولا تتأثر بالعوامل الجوية إلا أن تراكيز الأملاح فيها قد يكون عالياً مما يكسبها بعض الطعم واللون والقساوة، الأمر الذي يستدعي أحياناً إجراء معالجة لتخفيف تركيز هذه الأملاح.

يمكن استثمار المياه الجوفية بوساطة الآبار والينابيع، وقد تكون الآبار سطحية أو عميقة أو ارتوازية حيث يكون الضغط على سطح المياه الجوفية أعلى من الضغط الجوي بحيث يرتفع الماء في البئر تلقائياً[1].

2- استعمالات المياه:

أ- الاستعمالات المنزلية: وتشمل كل ما يستهلكه الإنسان في الأغراض المنزلية، مثل الشرب والطهي والغسيل والتنظيف والاستحمام، كذلك المياه المستهلكة في التدفئة والتكييف ورش الحدائق الخاصة بالبيوت.

ب- الاستعمالات الصناعية: وتشمل المياه المستعملة في المعامل والمصانع على اختلاف أنواعها، كذلك المياه المستخدمة في التبريد ومعامل المياه الغازية وغيرها من الأغراض الصناعية.

ج- الاستعمالات العامة: وتشمل المياه المستخدمة في المباني العامة (مدارس، مشافٍ، فنادق...) ورشّ الشوارع وسقاية الحدائق العامة ومكافحة الحريق.

3- خواصّ المياه:

أ- الخواص الفيزيائية: وتشمل درجة الحرارة، اللون، الطعم، الرائحة، العكارة، وحسب معايير منظمة الصحة العالمية فإن درجة حرارة مياه الشرب تختلف باختلاف فصول السنة، ويراوح لونها من (5- 20) درجة لون، ويجب أن تكون عديمة الطعم والرائحة، أما العكارة فتراوح من (2- 5) وحدة عكارة turbidity unit.

ب- الخواص الكيمياوية: وتشمل:

- درجة القلوية أو الرقم الهدروجيني الـ pH، وهو الذي يحدد فيما إذا كانت المياه حمضية أو قلوية، ويفضل أن يكون في مياه الشرب بحدود (7)، على الرغم من أنه ليس لدرجة القلوية أثر ضار بالصحة.

(1) أنظر أيضاً: شبلي الشامي- هند وهبة، الهندسة البيئية (منشورات جامعة دمشق، 1992).

- القساوة أو عسر المياه hardness، وتحدد بتركيز أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم وخاصة كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم، وتعدّ المياه العسرة غير صالحة للشرب، وحسب معايير منظمة الصحة العالمية يفضل ألا تزيد على (100) مغم/ل.
- المركبات الآزوتية، مثل النشادر والنتريت والنترات ويجب ألا تحوي مياه الشرب على أي أثر للنشادر والنتريت في حين يسمح بوجود النترات بتركيز (10- 15) مغم/ل.
- أملاح المعادن المنحلة في المياه، وهي محدودة التأثير الفيزيولوجي إلا أنه يفضل ألا يزيد تركيزها في مياه الشرب على (1000) مغم/ل.
- المواد السامة، مثل الرصاص والزرنيخ والسيانيد والكادميوم والزئبق وغيرها، ويجب ألا يزيد تركيزها في مياه الشرب على (0.05) مغم/ل عدا الزئبق الذي لا يزيد تركيزه على (0.001) مغم/ل لسميته الشديدة.

ج- الخواص الجرثومية:

تحوي المياه الملوثة العديد من الجراثيم والفيروسات الضارة التي تسبب كثيراً من الأمراض كالحمى التيفية والكوليرا والزحار والتهاب السحايا وشلل الأطفال وغيرها، ويمكن الكشف عن تلوث المياه بمثل هذه الجراثيم بوساطة بكتريا القولون، وأهمها الإشريكية القولونية E.Coli، ويجب ألا يزيد عددها على 1/100مل، ويفضل غيابها نهائياً[1].

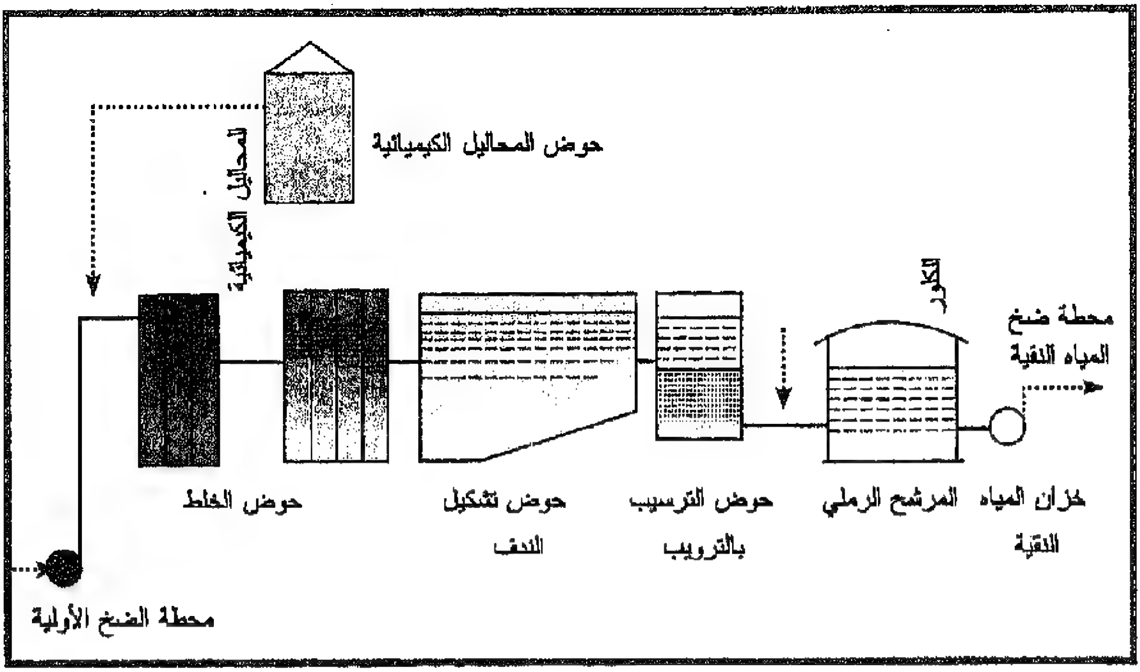
طرائق معالجة المياه:

تمرّ المياه الطبيعية في أثناء معالجتها بالمراحل الآتية أو بعض منها، لتصبح صالحة للشرب:

---

(1) محمد علي فرج، الهندسة الصحية (منشأة المعارف، الإسكندرية 1977).

1- مرحلة الترسيب: **sedimentation**:



مخطط رمزي لمحطة تنقية المياه

أ- الترسيب البسيط أو الطبيعي plain sedimentation: يتم في هذا النوع من الترسيب التخلص من المواد العالقة بالمياه، والتي وزنها النوعي أكبر من الوزن النوعي للمياه، وذلك تحت تأثير الجاذبية الأرضية، ويُعدّ مرحلة أولية في التنقية يتم فيها تخفيف الحمل من المواد العالقة في المياه قبل دخولها إلى المرحلة الثانية (مرحلة الترشيح).

ب- الترسيب بالترويب أو التخثير sedimentation by coagulation: وجد تجريبياً أنه من غير الاقتصادي أن يزيد زمن الترسيب الطبيعي على أربع ساعات، ولما كانت المياه تحتوي على مواد عالقة دقيقة يحتاج ترسبها إلى زمن طويل يزيد على ذلك- كذلك قد تحتوي على مواد غروية من الصعب ترسبها فيزيائياً- كان لابد من إضافة مركبات كيميائية تسمى المخثرات coagulants تعمل على تجميع هذه الجزيئات الدقيقة مع بعضها مشكّلة ندفاً هلامية flocs ذات حجوم كبيرة يسهل التخلص منها بالترسيب

وبزمن قصير نسبياً، كما يساعد الترسيب بالترويب على تخليص المياه من عدد كبير من البكتريا التي تلتصق على سطح الندف الهلامية.

هناك مواد كيميائية كثيرة تستعمل في الترسيب بالترويب، من أهمها مركبات الألمنيوم والحديد، مثل كبريتات الألمنيوم، وكبريتات الحديد، وكبريتات الحديدي، وكلور الحديد وغيرها، وجميعها ليس لها أثر ضار في الصحة.

2- مرحلة الترشيح filtration: يعدّ الترشيح مرحلة أساسية في تنقية المياه حيث يتم تخليصها من المواد الدقيقة والغروية التي بقيت فيها بعد عملية الترسيب وكذلك من معظم البكتريا، ويتحقق ذلك بإمرارها خلال طبقة مسامية غالباً ما تكون من الرمل والبحص الناعم لتوافره وعدم تغير خواصه الفيزيائية والكيمياوية في أثناء عملية الترشيح.

هناك نوعان من المرشحات، هما:

- المرشحات البطيئة: وهي تمتاز بالكفاية العالية في التنقية إضافة إلى أنه لا ضرورة إلى استعمال مواد التخثير وأحواض الترسيب بالترويب، إلا أنه بسبب السرعة البطيئة التي تراوح من (0.1- 0.3) م/سا والمردود القليل لهذه المرشحات وللمساحات الواسعة التي تشغلها فلم تعد تستخدم حالياً وخاصة في محطات التنقية الكبيرة، وحلّت المرشحات السريعة عوضاً عنها.
- المرشحات السريعة: وهي أيضاً ذات كفاية عالية في التنقية إلا أنه لابد أن يسبقها عملية ترسيب أو تخثير بسبب سرعة الترشيح الكبيرة التي تراوح بين (5- 25) م/سا، من هذه المرشحات ما هو مكشوف، ويستخدم في محطات التنقية المركزية، ومنها ما هو مغلق، ويستخدم في المباني العامة (مشافٍ، مسابح، فنادق...)، ويمتاز بأنه لا يُشغل مساحات واسعة، ويعطي مردوداً جيداً وكفاية عالية في التنقية.

3- مرحلة التعقيم sterilization or disinfection: والغاية من التعقيم هي إبادة البكتريا والفيروسات الضارة بالصحة التي قد توجد بالمياه، ويتم التعقيم

بطرائق فيزيائية كالغلي وأشعة الشمس والأشعة فوق البنفسجية والأمواج فوق الصوتية، أو بطرائق كيمياوية، وأكثر ما يستخدم غاز الكلور ومركباته (الكلورامين وهيبوكلوريد الصوديوم وهيبوكلوريد الكالسيوم)، ولا تظهر فعالية الكلور في التعقيم إلا بعد مرور 30 دقيقة على مزجه مع الماء، ويجب أن يكون تركيز الكلور المتبقي في الماء بعد التعقيم بحدود (0.2- 0.3) مغم/ل، ويمكن إجراء التعقيم بالأوزون، وهو أفضل من الكلور، لأنه لا يترك أثراً على طعم المياه ورائحتها إلا أنه أكبر كلفة.

4- إزالة عسر المياه water softening: ينتج عسر المياه من زيادة تركيز أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم فيها، وتعد المياه مقبولة إذا كان تركيز هذه الأملاح بحدود 100 مغم/ل، أما إذا زاد عن ذلك فلا بد من تخفيض هذا التركيز بتطبيق إحدى الطرائق الآتية:

- طريقة التسخين: يؤدي غلي المياه إلى تخليصها من نسبة كبيرة من الأملاح.
- طريقة كيمياوية: وذلك بإضافة ماءات الكالسيوم (الكلس المطفأ) أو ماءات الصوديوم (الصودا) التي تتفاعل مع أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم، وتعطي موادّ غير منحلة يمكن إزالتها بالترسيب أو الترشيح.
- طريقة التبادل الأيوني: وتعتمد على ترشيح المياه العسرة عبر طبقة من المواد تمتلك القدرة على تبادل أيونات الهيدروجين والصوديوم الموجودة فيها مع أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم المنحلة في الماء، وتعرف مادة الترشيح هذه بالريزن(1).

إزالة ملوحة المياه (زملحة المياه):

بسبب التزايد المستمر في الاحتياجات المائية وعدم كفاية مصادر المياه العذبة كان لابد من اللجوء إلى البحر والعمل على تخفيف ملوحته للاستفادة من مياهه، وتراوح ملوحة المياه الجوفية من (1.5- 10) غم/ل، في حين ترتفع ملوحة

(1) انظر أيضاً: أحمد عبد الباسط الرجوب، هندسة المياه (المكتبة الوطنية، عمان، الأردن 1994).

مياه البحر، لتصل إلى (50) غم/ل، أما المياه الصالحة للشرب فيفضل ألا يزيد تركيز الأملاح فيها على (0.5) غم/ل.

- طرائق إزالة ملوحة المياه:

أ- الطرائق الفيزيائية: وأهمها طريقة التقطير التي تعتمد على تكثيف الأبخرة المتصاعدة من تسخين المياه المالحة، وهي طريقة محدودة الاستخدام.

ب- الطرائق الكيمياوية: وأهمها طريقة التبادل الأيوني، وتعتمد على المبدأ نفسه في إزالة عسر المياه.

ج- طريقة الأغشية: وهي المعروفة بطريقة التناضح العكسي، وهي الأكثر انتشاراً في معظم دول العالم، وتعد الأغشية العنصر الرئيس في عملية التناضح العكسي، وهي ذات أشكال مختلفة، منها بشكل صفائح وإطارات أو الأغشية الحلزونية أو الأنبوبية.

ومهما يكن شكل الغشاء فإن مبدأ العملية لا يتغير، ويتلخص بضخ المياه المالحة المركزة، ليتم انضغاطها في وجه الأغشية ضمن وعاء محكم الإغلاق، يَعبُر الماء العذب الأغشية، فيصبح المحلول الملحي أكثر تركيزاً حيث يصرف خارج الوعاء[1].

المياه الجوفية: Underground water

المياه الجوفية underground water هي المياه التي تتجمع سواء في المناطق المشبعة أم غير المشبعة مائياً، في "خزانات المياه الجوفية" الرئيسة تحت سطح الأرض، أو في الفراغات والشقوق بين الصخور وحبيبات التربة والرمل والحصى، وتنتقل هذه المياه فيها ببطء، على خلاف التدفق السطحي السريع للمياه، ويعتمد معدل تدفقها على نوعية التربة ومساميتها ونفاذيتها، إذ يتحرك الماء بحرّية في الترب والصخور ذات النفاذية العالية وعلى نحو بطيء في الطبقات الطينية ذات النفاذية المنخفضة.

(1) الموسوعة العربية، هند وهبة، المجلد العشرون، ص163، (بتصرف).

قديماً كان يعدّ مصدر الماء في باطن الأرض لغزاً محيراً وغير معروف، مما أدى إلى ظهور العديد من النظريات الخاطئة التي اقترن بعضها بالسحر والقوى الخارقة، وقد كان من المسلم به مدة طويلة أن مصدر المياه الجوفية هو البحار والمحيطات التي يتحول ماؤها المالح إلى ماء عذب أو أقل ملوحة نتيجة مسارها الطويل في أقنية وفوهات أرضية تحت تأثير ضربات الأمواج، ولكن تبين فيما بعد أنه لا توجد قنوات مابين البحار وجوف الأرض، ولا تفقد مياه البحر ملوحتها بتسربها إلى جوف الأرض، أو أيضاً أن الهواء يتكاثف، ويتحول إلى ماء في مسامات التربة حيث إن كثيراً من المختصين كان يعدّ أن الماء والهواء مادة واحدة، ولكنهما في طورين مختلفين، وتجدر الإشارة إلى أن المسلمين منذ بدء نزول القرآن الكريم آمنوا بأن كل ما في الأرض من ماء مصدره السماء، إذ قال تعالى في القرآن الكريم: ﴿ أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَلَكَهُ يَنَابِيعَ فِي الْأَرْضِ ﴾ (الزمر: 21) إضافة إلى كثير من الآيات الكريمة التي تصف الدورة المائية التي أعطت المسلمين عنها تصوراً شاملاً وصحيحاً في أذهانهم عن مصدر المياه الجوفية، في حين أن المفهوم الحقيقي للدورة الهيدرولوجية عند الأمم الأخرى لم يظهر إلا في نهاية القرن السابع عشر.

وعموماً ثبت أن أصل المياه الجوفية هو الماء السطحي سواء أكان هذا الماء طبيعياً مثل الأمطار والأنهار والبحيرات أم ناتجاً من تدخل الإنسان، مثل المياه المتسربة إلى الأعماق في أثناء الري.

نظريات تشكل المياه الجوفية:

1- نظرية التسرب: وهي من أقدم نظريات تشكل المياه الجوفية، وضّحها العالمان الفرنسيان بيرو Perrault وماريوت Marriott بأن التسرب هو عملية انتقال الهطل المائي أو المياه السطحية عبر مسامات الصخور وشقوقها الصغيرة إلى باطن الأرض أما ما يتعلق بتسرب مياه الأنهار والبحيرات والخزانات خلف السدود

السطحية إلى باطن الأرض، فلا يمكنها ذلك لأن أحواض الأنهار والسدود تغطيها طبقات غضارية كتيمة، وفي حال غيابها تتوقف المياه عند وصولها إلى طبقة كتيمة أعمق وعلى الرغم من ذلك لم تستطع نظرية التسرب أن تفسر مصدر المياه الجوفية في بعض المناطق الصحراوية حيث تكون كمية الهطل المطري ضئيلة جداً، إضافةً إلى أنها تتبخر سريعاً بسبب ارتفاع درجات الحرارة فيها.

2- نظرية التكاثف: طرح العالم الألماني فولغر Wolger- عام 1877 في أثناء انتقاده نظرية التسرب- نظريةً تقول إن أبخرة الماء تتكاثف في الصخور المسامية الباردة المتوضعة في الطبقات العلوية من الأرض، ومن ثم تتجمع نواتج الأبخرة لتشكل المياه الجوفية، وحسب رأي فولغر فإن الهواء الحامل لبخار الماء والمتغلغل في مسامات التربة والصخور الباردة الواقعة تحتها وبملامستها يتكاثف عليها بما يشبه الندى.

وقد انتُقدت هذه النظرية من قبل بعض العلماء الذين نفوا حدوث التكاثف بدعوى أنه يكون مترافقاً بإفرازٍ حراري يسبب ارتفاع درجة حرارة الصخور بسرعة، ومن ثم تتوقف عملية التكاثف.

3- نظرية المياه العذرية: طرحها العالم زيوس Zius في نهاية القرن التاسع عشر، وتتلخص بأن اللافا (الماغما) تكون مشبعة بعناصر مختلفة في الحالة الغازية، منها الهيدروجين والأوكسجين ونتيجة لحركة الماغما بفعل الحركات التكوينية وما ينتج منها من تغيرات في درجة الحرارة والضغط تبدأ هذه العناصر تدريجياً بالانطلاق متحررة من الماغما، ويتشكل من اتحاد الأوكسجين والهدروجين بخار الماء الذي يبدأ مع الغازات الأخرى بالصعود باتجاه سطح الأرض عبر الشقوق ومستويات الفوالق والمناطق الضعيفة المقاومة، وفي هذه الأثناء وحسب الشروط السائدة للحرارة وللضغط تؤدي مجموعة من التفاعلات الكيمياوية المعقدة إلى تكاثف المواد الغازية والأبخرة، فتتحول إلى مواد منحلة وغير منحلة ومحاليل مائية، ويتبخر قسم من هذه الأبخرة والغازات في أثناء

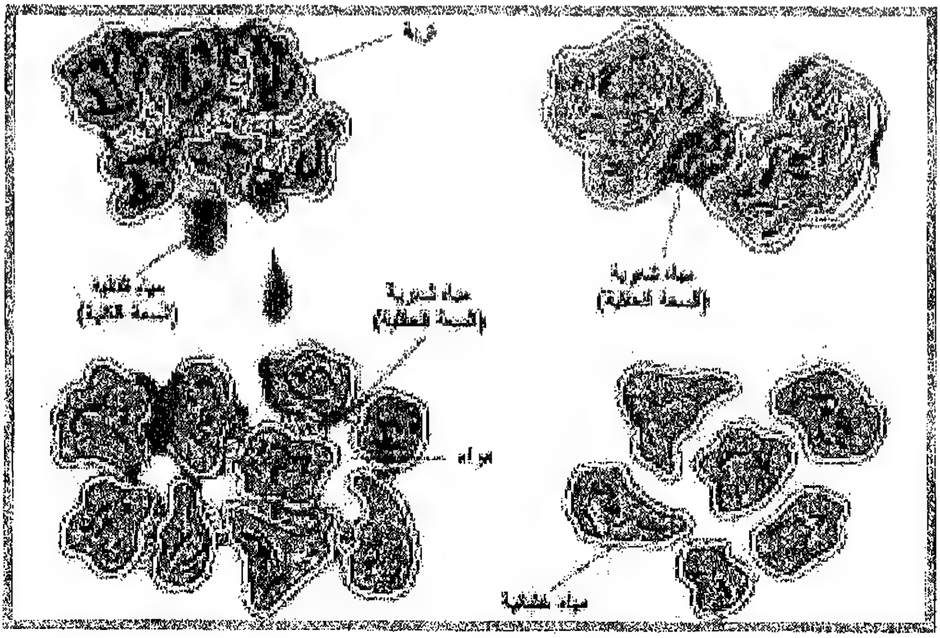
صعودها، لذلك سميت بالمياه العذرية لأنها لا تشارك في الدورة الهيدرولوجية، وتكون ملوحتها ودرجة حرارتها عاليتين.

4- النظرية الترسيبية: تقول الصياغة الأولية لهذه النظرية التي طرحها العالم أندرسون Anderson م(1908) بأن المياه الشديدة الملوحة في الصخور ليست سوى المياه المتبقية من البحار القديمة التي تشكلت في الوقت نفسه مع توضعات الترسبات في الأحواض البحرية، ومع مرور الزمن تعرضت هذه المياه لتغيرات كبيرة نتيجة للعمليات المعقدة التي جرت داخل الأرض، وتسمى المياه المتكونة بهذه الطريقة بالمياه الرسوبية أو المياه المقبورة.

5- نظرية المنشأ الكيمياوي: يؤكد العالم زفارنيسكي Safarnysky وجود إمكانات أخرى لتشكل المياه الجوفية إذ من المعروف أن كثيراً من الفلزات والصخور تحوي في تركيبها المياه، ويمكنها أن تتخلى عن قسم منها لتغيّر التوازن في الشروط الفيزيائية والكيمياوية، وتتجمع هذه المياه لتشكل مكمناً للمياه الجوفية.

حالات المياه الجوفية في الأراضي:

تصنف في ست حالات كما يأتي (الشكل أ):



الشكل (أ) حالات المياه الجوفية في الأراضي

1- مياه في حالة البخار الذي يملأ مع الهواء الجزء الحر غير الخالي من الماء في التربة والصخور، ويتميز بقدرته الكبيرة على الحركة في الاتجاهات كافة بفعل فرق المرونة (نسبة تغيرات الرطوبة وفرق الرطوبة).

2- المياه المرتبطة فيزيائياً بسطوح الصخور وبقوى تفوق كثيراً قوة الثقالة الأرضية فكلما زادت سماكة المياه حول سطح جزيء التربة ضعفت قوة الارتباط، وصارت على شكل غشاء حول حبيبات التربة وتدعى حينئذ المياه الغشائية ذات الارتباط الفيزيائي الضعيف.

3- المياه الثقالية: وتسمى المياه النقطية السائلة، تتشكل حينما تتناقص القوى المثبتة للمياه الغشائية على جزيئات الصخر، وتستمر سماكتها بالازدياد إلى حين انعدام تأثيرها، فتبدأ بالخضوع إلى القوى الثقالية التي تسهل حركة هذه المياه في المسامات وشقوق الصخر لتصل إلى مستوى المياه الجوفية مسهمة في تغذيتها.

4- المياه الشعرية: ولها قوة توتر سطحي تسمى قوى الالتصاق أو الشد السطحي، وتكون أكبر من قوى الثقالة الأرضية.

تعد المياه الشعرية حالةً خاصةً من المياه الثقالية التي تتكون بعد انعدام تأثير قوى الشدّ على المياه الغشائية، وتتحرك إلى الأسفل باتجاه مستوى المياه الجوفية، ماعدا جزءاً منها يتحرك إلى الأعلى بفعل الخاصة الشعرية، وتتقف هذه المياه في المستوى الذي تتساوى فيه قوى الشد السطحي والثقالة الأرضية المطبقة عليها.

5- المياه المتجمدة: تتكون حينما تنخفض درجة الحرارة إلى ما دون الصفر من المياه الغشائية والمياه الثقالية المتجمدة في الصخور الهشة على شكل بلورات وعدسات أو طبقات جليدية.

6- المياه المرتبطة كيميائياً: وهي المياه المتكونة في الشبكات البلورية للفلزات.

الطبقات الصخرية:

تتوافر المياه الجوفية في الطبقات الصخرية من الأرض (الشكل- 2)، ويمكن تصنيفها كما يأتي:

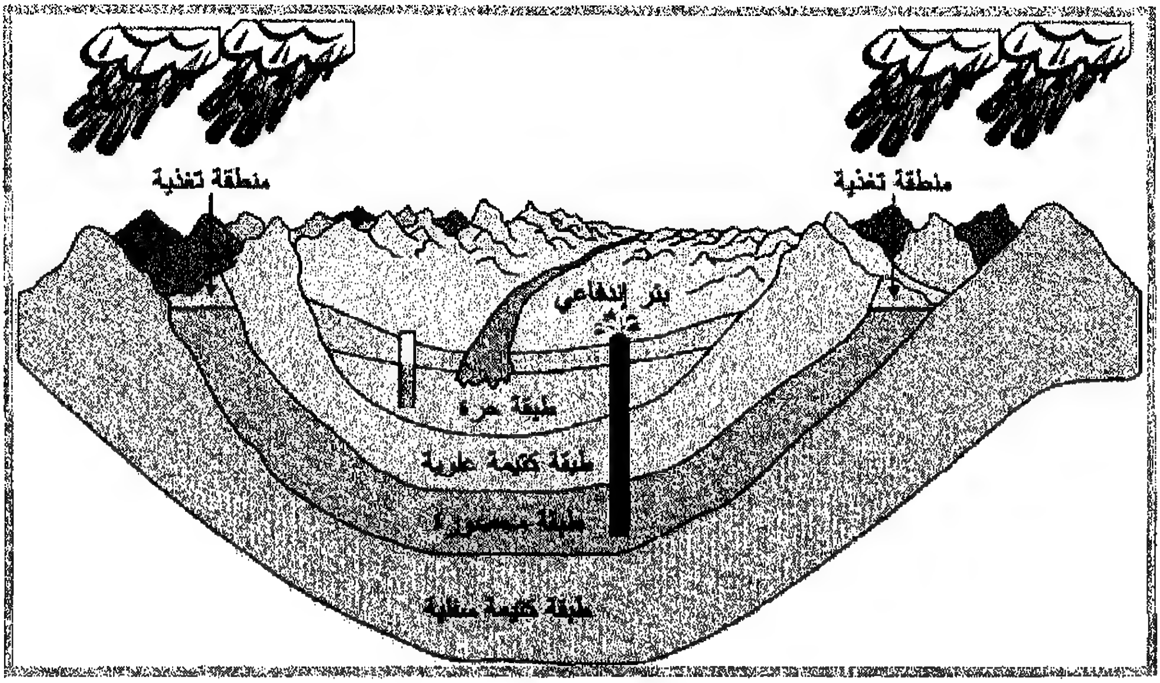
الشكل (2) مناطق المياه الجوفية في الطبقات الصخرية

- الصخور الرسوبية: تمثل أنسب الطبقات الحاملة للماء، وتكون نسبة المياه الجوفية فيها نحو 59٪.
- الصخور النارية: تحتوي على بعض التشققات أو التجاويف الناتجة من الفقاعات الهوائية التي تسمح بتخزين الماء، وتجعلها وسطاً حاملاً له.

الصخور المتحولة: وهي فقيرة بالماء باستثناء الرخام المتشقق الذي يمكن أن يكون طبقة جيدة لتجمع المياه فيها.

توضّع المياه الجوفية:

حسب العلاقات والأوضاع المتبادلة بين الطبقات الحاملة والكتيمة تُميز أنماط عدة من الطبقات الحاملة للماء، كما يأتي (الشكل- 3):



الشكل (3) أشكال الطبقات الحاملة للمياه الجوفية

أ- طبقة المياه الحرة: وتسمى أيضاً المياه غير الارتوازية أو غير الحبيسة، وهي مجموعة الصخور الحاملة للمياه الحرة المتجمعة في المستوى الأول الحامل للمياه بدءاً من سطح الأرض، ويعرفها العالم ميزر Mezer بأنها المياه التي تصب على نحو حر في الآبار، يكون سطحها الحر خاضعاً للضغط الجوي، وهناك نمط خاص يسمى بالمياه الحرة المعلقة تتوافر فوق المستوى الحر للمياه الجوفية بسبب توافر طبقة كتيمة صغيرة الحجم تفيد في تراكم كميات محدودة من هذه المياه.

2- طبقة المياه شبه الحرة: وهي تنتج من عدم التجانس الطبقي في الطبقات الحاملة للمياه الحرّة إذ قد تتألف من طبقة رمل ناعم في الأعلى وطبقة رمل خشن في الأسفل.

3- طبقة المياه الارتوازية: وتسمى طبقة المياه المضغوطة أو طبقة المياه الحبيسة، وتكون عموماً محصورة بين طبقتين كتيمتين من الأعلى والأسفل، وحينما يخترق بئر ما هذه الطبقة يرتفع الماء فوق السطح الفاصل بين الطبقتين الكتيمة العلوية والحاملة إلى ما يسمى بالسطح البيزومتري.

4- طبقة المياه الحبيسة غير المضغوطة: وهي الطبقة التي تكون محصورة بين طبقتين كتيمتين أو ضعيفتي النفوذية من الأعلى والأسفل، تتجمع فيها مياه خاضعة لضغط يساوي الضغط الجوي، وتكون هذه الطبقة غير مشبعة بالماء، ويعدّها بعض حالة من الارتوازية، وبعضهم الآخر حالة من المياه الحرة مغطاة بطبقتين كتيمتين.

حركة المياه الجوفية underground water movement

تعتمد حركة المياه الجوفية وسرعتها رئيسياً على نفاذية الصخور والميل (أو الانحدار) الهيدروليكي الذي يساوي حاصل قسمة الارتفاع بين نقطتين من المياه على المسافة الكائنة بينهما.

تخضع دراسة حركة سوائل القشرة الأرضية لقوانين ومقتضيات مختلفة، ويعود ذلك إلى اختلاف الأوساط تحت هذه القشرة، وتبين أن الأوساط التي تتحرك فيها المياه الجوفية هي أوساط مسامية ذات شقوق، وهي غير متشابهة وغير متجانسة لذلك فإن نوع الجريان وشكله وسرعته تتغير حسب الوسط.

كما تكون حركة المياه الجوفية إما مستمرة وإما غير مستمرة، إلا أن السرعة الموجهة للجريان لا تتغير مع الزمن، ويسمى هذا الجريان بالجريان المنتظم، غير أنه لا يتوافر في الطبيعة، وعموماً فإن سرعات الجريان في الطبيعة تتغير مع الزمن، وتصنف في نظامين:

نظام الجريان الصفائحي أو المنتظم، ونظام الجريان المضطرب أو غير المنتظم.

إن جريان المياه الجوفية في الوسط المسامي غالباً ما يكون صفائحياً حيث تكون جزيئات السوائل فيه على شكل خطوط متوازية فيما بينها وغير متداخلة وعلى شكل صفائحي، على خلاف الجريان المضطرب الذي تكون فيه جزيئات السوائل غير منتظمة ومتداخلة وذات سرعة كبيرة لجريانها، ويتغير اتجاهها مع الزمن، لكن متوسط سرعتها يكون ثابتاً.

تكون عموماً سرعة المياه بطيئة في الجريان الصفيحي للمياه الجوفية، ووضع العالم هنري دارسي Darcy عام 1856 قانوناً يعبّر عن هذا النوع من الجريان كما يأتي:

$$Q = V.A$$
$$V = K.\, I$$

Q = التصريف، V = سرعة حركة المياه الجوفية

K = معامل النفاذية،

I= الميل الهدروليكي $\frac{dh}{L}$

dh: فرق الارتفاع.

L: طول العينة.

A = المساحة العرضية

وبصورة عامة لوحظ أن حركة المياه الجوفية وسرعتها هي أقل كثيراً من سرعة المياه السطحية.

مما تقدم تبين أن حركة المياه الجوفية وسرعتها تعتمد اعتماداً كلياً على نفاذية الصخور والميل الهيدروليكي، فكلما زادتا تزداد سرعة المياه الجوفية، والعكس صحيح.

العوامل المؤثرة في تذبذب مستوى المياه الجوفية:

- الهطل المطري: تتوافر علاقة وطيدة بين الهطل المطري والتذبذب في مستوى المياه الجوفية، فكلما كانت كمية المياه المترشحة إلى باطن الأرض كبيرة

ارتفع منسوب المياه الجوفية ، وبطبيعة الحال فإن منسوب المياه الجوفية يرتفع في مواسم المطر ، وينخفض في مواسم الجفاف ، ويحتاج ارتفاع المنسوب إلى مدة زمنية حتى تتمكن المياه المترشحة من الوصول إلى مستوى المياه الجوفية ، وهذا يعتمد على نفاذية الصخور.

- الجريان السطحي: إن مرور المياه الجارية في جزء من الطبقات المائية الحرة يؤثر في مستوى المياه الجوفية ، ويمكن عموماً للجريان ما بين المياه السطحية والمياه الجوفية أن يكون متبادلاً وأن يحدث فيما بينهما ، وفي حالة تغذية الطبقات المائية من المياه السطحية يلاحظ انخفاض السطح العلوي للمياه السطحية وارتفاع مستوى المياه الجوفية ، والعكس صحيح.
- التبخر والنتح (التبخر النتحي): يعتمد تأثير التبخر والنتح في مستويات المياه الجوفية على عمق مستوى المياه الجوفية وعلى شدة التبخر ، إذ يكون التبخر والنتح في الطبقات المائية العميقة ضعيفين ، ويمكن إهمالهما ، أما تذبذبات مستوى المياه الجوفية في المناطق التي لا تحتوي على أغطية نباتية فتكون ضعيفة ، ويعود عموماً سبب تذبذباته في مواسم نمو النباتات إلى الفواقد الناتجة من التبخر النتحي ، وتعود زيادة هبوط مستوى المياه الجوفية في الأيام المشمسة إلى زيادة الفاقد في التبخر ، ويصل هذا الهبوط إلى حدّه الأعلى في منتصف ساعات النهار ، وتتناقص سرعته في أثناء ساعات الظلام بحيث لا يزيد على مستواه في أثناء النهار.
- الضغط الجوي: إن تذبذبات مستوى المياه الجوفية في الطبقات المائية الحرة الناتجة من تغير الضغط الجوي قليلة جداً ، وتعد زيادة ضغط الهواء فوق الطبقات المائية الحرة مسؤولة عن هبوط المستوى المائي ، أما زيادة الضغط في نطاق التربة فيقلل حجم الهواء مما يؤدي إلى رفع المياه الشعرية ، ومن ثم ارتفاع المستوى المائي ، ويحدث خلاف ذلك حين نقصان الضغط. ويسبب تغير الضغط تذبذبات كبيرة في الآبار المحفورة في الطبقات المائية المحصورة ،

ويلاحظ هبوط في مستوى المياه الجوفية في آبار المراقبة حين زيادة الضغط الجوي.

المصادر الرئيسية للمياه الجوفية:

- المياه السطحية، مثل الأمطار والأنهار والبحيرات، أو من تدخّل الإنسان، مثل: ماء الري والمياه المحقونة من المجاري، والمصانع وغيرها.
- المياه المتشكلة في أثناء تكوّن الصخور الرسوبية.
- المياه الصهيرية الناتجة من تبخر الصهير.
- المياه الناتجة من النشاط البركاني.

وضع المياه الجوفية في الوطن العربي:

الماء شريان الحياة ونبضها على الأرض، ويعدّ في الوطن العربي أهم الموارد الطبيعية على الإطلاق وعاملاً أساسياً ترتكز عليه حياة الإنسان وأنشطته الاجتماعية والاقتصادية في مختلف المجالات، ولاسيما في المجالات الزراعية والصناعية والمنزلية، يتميز هذا الماء من غيره من الموارد الطبيعية بثبات كميته في الكرة الأرضية وبتجدده المستمر في مدة محددة من الزمن بفضل الدورة الهيدرولوجية، هذا وقد أشارت الدراسات الشاملة للتوازن المائي على سطح الأرض إلى أن هذه الموارد المائية تفوق عموماً الطلب على المدى المنظور.

وانطلاقاً من هذا الواقع الطبيعي يسود اليوم الاعتقاد أن الموارد المائية هي موارد طبيعية غير محدودة وغير قابلة للاستنزاف، ويمكن استخدامها من دون ضوابط تشريعية أو علمية، ومن ثم فقد شغلت المياه دوراً ثانوياً في حسابات عمليات التنمية إلا أن النمو السكاني وازدياد استهلاك المياه في مختلف القطاعات التنموية التي شهدت تطوراً كبيراً وسريعاً في النصف الثاني من القرن العشرين وظهور أزمات مائية جدّية في مناطق متعددة من العالم أدى إلى تغيّر واضح في المفاهيم المتعلقة بموارد المياه، فنشأت تصورات جديدة ما فتئت أن تحولت تدريجياً إلى قناعات راسخة، مفادها أن الموارد المائية هي موارد محدودة وقابلة للاستنزاف، وتؤكد

الدراسات الحديثة أن الإنسان في معظم أنحاء الأرض سيلجأ إلى مياه البحر في مستقبل ليس ببعيد لتغطية حاجاته، ومما يزيد في تفاقم الأزمات المائية أن كثيراً من مصادر المياه صارت عرضة للتلوث ولاسيما في المناطق الصناعية ومناطق التكثيف الزراعي.

تزداد المشكلة تعقيداً في الوطن العربي لأسباب عدة، أهمها كون الجزء الأعظم من أراضيه يمتد عبر أقاليم مناخية جافة وشبه جافة، ومن ثم تجدد المياه يكون ظاهرة غير منتظمة في معظم الأحواض المائية المنتشرة، وتنعدم هذه المياه في الأحواض الصحراوية الكبرى.

ويواجه الطلب المتزايد على المياه والأزمات المائية في الفترات المناخية الجافة باستثمار المخزون الجوفي إلا أن الآثار السلبية التي ظهرت في العديد من الأحواض المائية الجوفية العربية قد ولّدت قلقاً حول مستقبل هذه الأحواض ولاسيما في الأحواض المحدودة الامتداد أو المخزون، وقد زاد في تفاقم الوضع وخطورته تدهور نوعية المياه أو طغيان المياه المالحة في عدد من هذه الأحواض، وفي الواقع فإن هذه المشكلة سوف تزداد مستقبلاً مع تزايد حجم الطلب على الماء، وهذا يقتضي أن يتوافر لدى الجهات المختصة والمعنية تفهم أكبر واهتمام أكثر عمقاً لعوامل توافر المياه وتخطيط بعيد المدى لمواجهة الحاجات المائية والأزمات المتوقع نشوؤها مستقبلاً[(1)].

المياه المعدنية: Mineral water

المياه المعدنية mineral water هي مياه الينابيع التي تحتوي على نسب من المعادن والأملاح والغازات المنحلة الموجودة طبيعياً أو التي أُضيفت بطرائق صنعية.

لمحة تاريخية:

عرف المصريون القدماء واليونان والرومان الأهمية الاستشفائية للمياه المعدنية، وعدت ينابيع المياه المعدنية وحماماتها الحارة أحد أهم وسائل الاستشفاء من

(1) الموسوعة العربية، رياض بلدية، المجلد العشرون، ص166

مجموعة من الأمراض السائدة آنذاك، برزت أهمية عدد من المواقع الأثرية في مصر، مثل حلوان والفيوم وجنوب سيناء وسفاجا، لما تحتويه هذه الأماكن من ينابيع لمياه معدنية ورمال وكثبان قادرة على علاج العديد من الأمراض وشفائها، وفي مدينة طبرية المحتلة توجد ينابيع المياه المعدنية والحمامات الكبريتية على أنقاض أبنية الرومان ثم العرب، فمنها بركة الحمام الكبير التي بنيت في عهد الجزّار والي عكا سنة 1830م، كذلك فيها عيون مالحة وحارة، وقد قيل: "من اغتسل بمائها الحار ثلاثة أيام، ثم اغتسل بماء بارد وكان به علّة، شفي بإذن الله"، وفي قرية الحسينية اثنتا عشرة عيناً يخرج الماء منها، وتختلف في خواصها العلاجية، وقد أنشأ الكنعانيون مدينة "حجّات" عند الحمامات، ومعناها الينابيع الحارة، ويقال: إن هذه الحمامات من عجائب الدنيا.

اتسع استخدام المياه المعدنية مصدراً للشرب مع احتفاظ بعض منها بفعله الاستشفائي، الذي لم يخل بالطبع من المفارقات والمبالغات.

تصنيفها وتركيبها الكيمياوي واستخدامها:

تمتاز المياه المعدنية باحتوائها على نسبة عالية من العناصر المعدنية المذابة وتركيبها الثابت نسبياً، وهي تتكون بطريقة طبيعية في مخازن مائية خاصة، وهي أكثر صحة لجسم الإنسان مقارنة بمياه الشرب العادية بسبب احتوائها تقريباً على عدد من العناصر المعدنية (الأيونات) والعناصر الضرورية للجسم، والتي تتغير كمياتها من بئر إلى آخر.

تصنف المياه المعدنية تبعاً لمعايير عدة، فحسب التركيب الكيميائي ونسب العناصر، مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والكبريت يمكن تصنيف المياه المعدنية بما يأتي:

1- مياه الكالسيوم: وهي التي يحتوي كل لتر منها على 140مغم/ل من مادة الكالسيوم، ولها دور مهم في بناء الجسم.

2- مياه المغنيسيوم magnesium water: وهي المياه المعدنية التي يحتوي كل لتر منها على 12مغم/ل من مادة المغنيسيوم المركّب مع الليثيوم lithium والزنك zinc الذي يحمي الجسم، ويقوي الجهاز المناعي، ويسيطر على ضغط الدم.

3- المياه الكبريتية sulfated water: وهي المياه المعدنية الغنية بالكبريت التي تساعد على علاج بعض الأمراض كروماتيزم المفاصل والأمراض الجلدية وغيرها.

تصنف المياه المعدنية تبعاً للعناصر المنحلة فيها كما يأتي:

مجموعة مياه الكلور ومجموعة مياه الكبريت، ومجموعة مياه الكربون ومجموعة مياه الكبريتيت، ومجموعة المياه الكبريتية الكلورية والكلورية الكربونية، وذلك تبعاً لتصنيف جامعة كانسَس Kansas الأمريكية.

أظهرت الدراسات التي أجريت على تحليل التراكيب الكيمياوية للمياه المعدنية (مياه العيون ومياه الآبار) في عدّة بلدان أن نسبة العناصر تختلف من موقع إلى آخر، وأن تحليل المياه في أي موقع يجب أن تتطابق نتائجه مع المواصفات العامة للتراكيب الكيميائية للمياه المعدنية التي تحتوي عناصر الفلور والبوتاسيوم والمغنيسيوم والكالسيوم والصوديوم والبيكربونات والسلفات والحديد والسيليكا والكلوريد والنترات، ويجب ألا تقل نسبة مجموع العناصر TDS عن 260 مغم/ل وأن تراوح قيمة الـ pH بين 7.4 -7.8، إضافة إلى وجود عناصر معدنية أخرى مهمة يمكن أن توجد، ويفضل ألا تزيد على القيم الآتية: الزنك أقل من 0.1 مغم/ل، والنيكل أقل من 0.01 مغم/ل، والألمنيوم أقل من 0.14 مغم/ل، ومن المعلوم أن تركيب المياه المعدنية وثباتها يتغير تغيراً طفيفاً عبر الزمن وفي فترات طويلة[1].

(1) General Standard for Bottled/Packaged Drinking Waters (Other Than Natural Mineral Waters, CODEX 2001).

أماكن توافرها في الوطن العربي والعالم:

تتوزع المياه المعدنية في مناطق كثيرة من العالم، ويتم استثمارها تجاريّاً وصحيّاً وسياحيّاً، وقد انتشر استخدامها مياهاً للشرب في الآونة الأخيرة على نحو ملحوظ، وكان لانتشار العيون المعدنية والكبريتية أهمية خاصة في انتشار السياحة الاستشفائية، ففي سورية توجد حمامات الشيخ عيسى في قرية حمامة في محافظة إدلب، وحمامات "أبو رباح" في محافظة حمص، وبئر اليادودة في مدينة درعا، وفي تدمر نبع افقاء الأثري الغني بالمغنيسيوم والكبريت والبوتاسيوم والكالسيوم والزنك والنيكل، إضافة إلى ينابيع كبريتية متفرقة في البادية السورية.

وفي فلسطين المحتلة جنوب مدينة طبرية تنتشر الينابيع الكبريتية في قرى لوبية وسمخ والعدسية والحمة وحطين ومجدل الشجرة والحسينية، وفي مصر تنتشر مئات العيون والآبار الطبيعية ذات المياه المعدنية والكبريتية التي تختلف في العمق والسعة ودرجة الحرارة، والتي تحوي نسبة أعلى من عنصر الكبريت مقارنة بالآبار المنتشرة في شتى أنحاء العالم، إضافة إلى عدة أملاح معدنية وبعض المعادن ذات القيمة العلاجية، مثل كربونات الصوديوم ونسب متفاوتة من بعض العناصر الفلزية كالمغنيسيوم والحديد، مثل حمّام فرعون الذي يبعد عن نفق الشهيد أحمد حمدي نحو 110كم، ويتكون من خمسة عشر ينبوعاً تتدفق منها المياه الساخنة من داخل مغارة بالجبل الموجود على شاطئ البحر الأحمر، وتراوح درجة حرارتها بين 55- 75 درجة مئوية، وأثبتت التحاليل إمكانية استخدامها في الاستشفاء من الأمراض الصدرية والجلدية وبعض أمراض العيون، وكذلك حمّام موسى الذي يوجد بمدينة طور سيناء، والذي تتدفق مياهه من خمسة ينابيع تصب في حوض خاص، وتفيد مياهه الكبريتية التي تقرب درجة حرارتها من73°م في شفاء العديد من الأمراض الروماتيزمية والجلدية.

أنواع المياه المعدنية المصنعة والطبيعية:

تقسم المياه المعبأة تبعاً للمصدر إلى ثلاثة أنواع، وهي:

- المياه المعدنية الطبيعية: التي يكون مصدرها باطن الأرض.
- مياه العيون: التي يكون مصدرها ينبوعاً واحداً محدداً، وتعبأ في مكان المصدر نفسه.
- مياه المائدة: هي مياه معبأة ذات مصدر غير محدد كما في النوعين السابقين، فقد تكون من مصادر متعددة من باطن الأرض أو من مصادر سطحية، وفي هذا النوع لا تتم التعبئة عند المصدر، ولكن تنقل بخزانات إلى مكان التعبئة، وتتم معالجتها تبعاً للمواصفة القياسية العالمية، وضمن ذلك يميز نوعان من المياه المعدنية: منها التي تكون خالية من الغازات، ومنها الغازية.

وقد ظهرت مؤخراً أنواع من المياه المعدنية عرفت باسم المياه ذات العناصر المضافة، والتي تحوي معادن إضافية بنسب عالية يمكن أن تكون ضرورية للجسم.

استهلاك المياه المعدنية المعبأة وتوصيات منظمة الصحة العالمية:

المكوّن	المحتوى (مغم/ ل)	العنصر	المحتوى (مغم/ ل)
الزرنيخ	0.01	رصاص	0.01
الباريوم	0.7	السيانيد	0.07
البور	5	الزئبق	0.001
الكادميوم	0.003	منغنيز	0.5
الكروم	0.05	نيكل	0.02
النحاس	2	الفلور	1- 2
النترات	50	سيلينيوم	0.01

الجدول (1) الحدود الدنيا من العناصر المعدنية في المياه المعدنية حسب الدليل (CODEX STAN 108)

تتم مراقبة المياه المعدنية المعبأة على نحو جيد تبعاً للمواصفات الموضوعة من قبل منظمة الصحة العالمية والهيئات المعنية في بلد الإنتاج حيث تراقب المياه المعدنية بدقة أكبر مما تتعرض له مياه الشرب العادية خاصة العناصر التي يكون لها آثار صحية ضارة في حال زيادة نسبتها عن الحدود المسموح بها.

وقد تم وضع دليل لمياه الشرب من قبل منظمة الصحة العالمية الذي يعدّ القاعدة الأساسية لتقويم نوعية المياه المعبأة، كما تم إنجاز الدليل القياسي لمواصفات المياه المعدنية وتعديلاته من قبل لجنة الدليل الغذائي Codex Alimentarius Commission (CAC) وموافقة منظمة الصحة العالمية، والذي يتضمن توصيف المياه المعدنية من الناحية الكيمياوية وتحديد الحدود الدنيا للعناصر المعدنية المسموح بها كما هو موضح في الجدول (1)[1].

وقد تضمن الدليل القياسي لمواصفات المياه المعدنية أيضاً المواصفات الميكروبيولوجية المثالية للمياه المعدنية والتحاليل الضرورية لذلك خاصة فيما يتعلق بالأشريكية القولونية E.coli والعقديات streptococci والزائفة Pseudomonas، كما تضمن توصيات خاصة بالإعلان عن التركيب الكيميائي للماء على العبوة بهدف ضبط جودة المنتج[2].

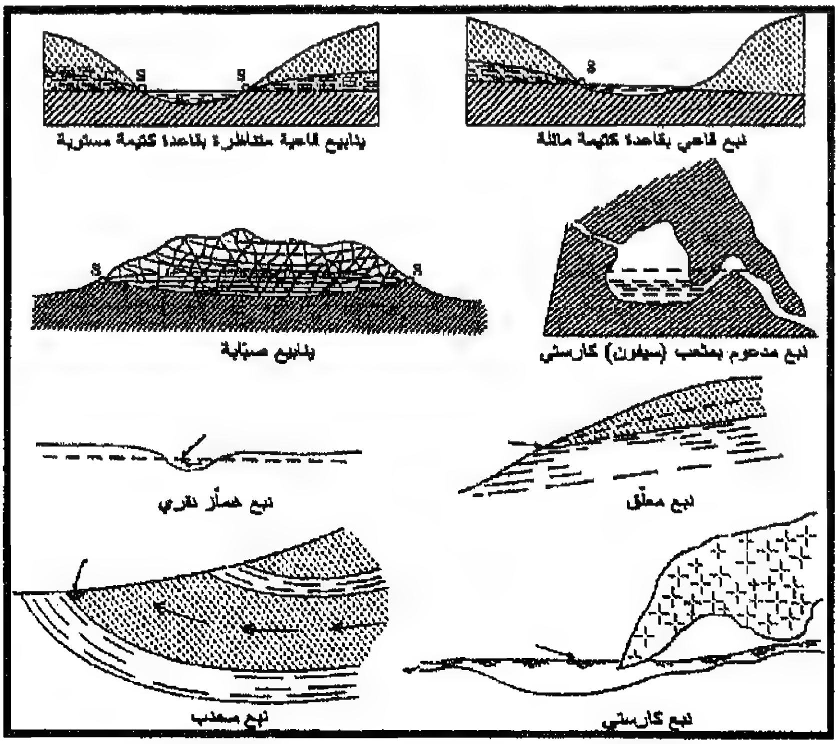
(1) Codex Standard for Natural Mineral Waters (CODEX Stan 108-1981, rev. 1-1997).
(2) الموسوعة العربية، عبدالله يعقوب، بشار إبراهيم، المجلد العشرون، ص172

حرف النون

النبع : Spring

يعني النبع spring تفجر المياه الجوفية على سطح الأرض الطبيعية، أو في قيعان البحار والبحيرات والأودية. تخرج المياه من فوهات أو شقوق أو كهوف، وباندفاع يتناسب مع طاقة الحامل المائي الجوفي ground water aquifer المغذي للنبع وطوبوغرافيته الجوفية.

علاقة النبع بالتشكيلات الجيولوجية المحيطة:



الشكل (1)

إن الوقوف على نبع ذي أهمية يطرح مباشرة السؤال عن ظروفه الهيدروجيولوجية (الجيولوجية المائية) hydrogeological وإن التعمق في دراسة هذه الظروف يفسح المجال، عند الإيجاب، لتطوير طاقة هذا النبع وتنظيم استثماره، بما يغطي احتياجات المنطقة الجافة وشبه الجافة، كما هي الحال في معظم البلاد العربية.

في جميع الأحوال يتوضع الحامل المائي الجوفي على طبقات ليتولوجية lithological beds صخرية كتيمة impermeable (صماء) أو نصف كتيمة من حيث نفوذية permeability المياه، ويتكون الحامل من طبقات مسامية، رملية أو رسوبية، أو طبقات جيرية limestone مشققة متكهّفة كارستية karstic، أو طبقات طباشيرية متكهفة، وما إلى ذلك من طبقات نفوذة permeable، الينابيع الأشد تفجراً وتصريفاً yield هي تلك التي تصدر عن حوامل مائية جوفية كارستية، كما هي الحال في نبعي بردى والفيجة اللذين يتشكل منهما نهر بردى المار بمدينة دمشق، وهو شريان واحة دمشق الشهيرة (الشكل 1).

تظهر الينابيع في مواقع جيومورفولوجية geomorphological مختلفة، منها: سفوح المرتفعات، وقيعان الأودية، وفي منخفضات السهول حيث يتكشف الحامل المائي الجوفي.

حركية (ديناميكية) dynamism الينابيع الطبيعية:

يشير موقع النبع إلى تفجر فائض overflow الحامل المائي الجوفي في المكان، عندما يتجاوز مستوى الحامل المستوى الحدي critical limit للتوازن المائي السكوني hydrostatic equilibrium.

تقسم الينابيع إلى فئتين: ينابيع هابطة descending وينابيع صاعدة rising، بحسب طبيعة مخرج النبع، فالينابيع الهابطة تصدر عن حوامل مائية جوفية ذات سطح حر، في حين أن الينابيع الصاعدة تصدر عن حوامل مضغوطة captive، تقع الينابيع الهابطة في المواقع الطبيعية الأقل مقاومة في سفوح المرتفعات وقيعان

الأودية والأراضي المنبسطة، أما في الينابيع الصاعدة فتجري المياه الجوفية تحت المستوى المائي السكوني بحيث تقع تحت الضغط فتصعد للخروج من فتحة النبع.

ثمة حالة شائعة في معظم الينابيع الكارستية الكبرى، وهي كون هذه الينابيع متناوبة intermittent، ترتفع فيها التصاريف وتهبط فصلياً، وثمة حالة خاصة في بعض الينابيع، متعارف عليها عالمياً باسم الينابيع ذات السيفون، حيث يرتفع التصريف بشدة وعلى نحو مفاجئ، ولمدة محدودة، ثم يعود إلى حالته الطبيعية تدريجياً، كما هي الحال في نبع الفيجة الذي يزود مدينة دمشق بمياه الشرب، تسمى هذه الحالة "تفجر النبع" وهي تحمل ظاهرة تعكر المياه بنسبة عكارة تزيد أو تنقص وفقاً لشدة التفجر[1].

تصنيف الينابيع:

1- الينابيع الحلوة الطبيعية العادية: وهي ينابيع شائعة في العالم، وعلى نطاق واسع، كما أنها على العموم ينابيع هابطة، حرارتها عادية، وتستعمل مياهها للشرب والري والصناعة وغيرها من الاستعمالات العادية.

2- الينابيع الحلوة الطبيعية الكارستية: وهي ينابيع أقل شيوعاً، ولكنها ذات تصاريف فائقة على العموم، وهي ينابيع صاعدة وباردة، تستعمل مياهها لأغراض الشرب والري الزراعي، تتطلب تصاريف عالية من المياه، وخاصة في إمداد المدن الكبرى بمياه الشرب، وقد تتفجر هذه الينابيع في قيعان البحار.

3- الينابيع الحلوة الصنعية (الفجّارات): الفجّارة تقنية هندسية مائية تراثية عريقة، ظهرت في بلاد الفرس في القرن الثالث قبل الميلاد، وانتشرت في البلاد العربية تدريجياً، حيث تأخذ تسميات مختلفة منها: كهريز في العراق، أفلاج (جمع فلج) في الخليج والجزيرة العربية، فجّارة في الشرق الأوسط، قطارة في المغرب العربي، قناة رومانية (وهي تسمية شائعة)، ومع تلاحم الأقطار العربية الحديث

(1) ESCWA, United Nations, Assessment on the Water Resources Situation in the ESCWA Region (E/ESCWA/Rev.1, 1981).

في مجالات العلوم الهيدرولوجية (المائية) شاع مصطلح "الفجّارة" وهو اليوم معروف عربياً.

تنفذ الفجّارات في أراضٍ مسطحة، بميول خفيفة، تجري تحتها مياه جوفية عذبة، قريبة من سطح الأرض وغزيرة، يتلخص التنفيذ باختراق الحامل المائي الجوفي من خلال حفر نفق أفقي بعكس اتجاه حركة مياه الحامل، يستمر حفر النفق إلى أن يتقاطع مع الحامل لتجري مياهه في قاع النفق بالراحة وتخرج إلى الأرض الطبيعية على صورة نبع طبيعي.

تتيح الفجّارات استثمار الشريحة الطازجة والأجود من مياه الحامل المائي الجوفي، وهي بذلك أداة خيرة من شأنها حماية المنطقة القائمة فيها من تدهور البيئة والتصحر، ومكافحة النزوح عن الريف، تستثمر مياه الفجارات في توفير مياه الشرب والري الزراعي لقرية أو مجموعة من قرى مشاركة في إنشاء الفجارة وصيانتها وترشيد استثمار مياهها.

لا زالت تقنيات الفجّارات- على قِدمها- مجدية من النواحي الاجتماعية والاقتصادية والبيئية في معظم المناطق العربية التي شاعت فيها في الماضي، غير أنها منذ عقود في سبيلها إلى الانقراض في بعض المناطق بسبب عاملين اثنين، أولهما الإقدام على تحديث أساليب استعمال الموارد المائية وتطويرها، وثانيهما ضخ المياه من آبار مجاورة بكميات من شأنها تجاوز الحدود النظامية بما يؤدي إلى هبوط مستوى المياه الجوفية، علماً أن استمرارية أداء الفجارة يرتبط بمستوى المياه المغذية لها بالدرجة الأولى.

4- الينابيع الحرارية- المعدنية thermo-mineral: تتميز الينابيع الحرارية من سابقاتها بكونها نافورية، تتفجّر بشدة تصاعدية، من شق أرضي عميق أو فالق عميق، في مواقع لا تنبئ عن ظواهر هيدروجيولوجية، وإذا كانت مواقع الينابيع الأخرى متوافقة مع الظروف الهيدورجيولوجية المحيطة فإن الينابيع الحرارية- المعدنية لا تبدو متوافقة مع هذه الظروف، بل تبدو كأنها متصلة بنهاية عرق شبه معدني سائل، وكما يدل عليها اسمها، فإن الينابيع الحارة- المعدنية

تكون حارة في معظم الحالات، الأمر الذي يجعلها غنية بالعناصر المعدنية مما يدعو إلى اهتمام المجتمع بها من حيث الاستعمالات وخاصة العلاجية الطبية، وإضافة إلى الحرارة العالية والعناصر المعدنية، تتصف الينابيع الحرارية- المعدنية على العموم بتصاريف نظامية ثابتة، وهي ظاهرة غير شائعة في الينابيع الأخرى.

وثمة بدائل للينابيع الحرارية- المعدنية، فمنها ما تكون حارة بحمولة معدنية عادية، أو حرارية- معدنية بالتكامل، أو معدنية بحرارة عادية وتفجر غير نافوري، وعلى ذلك، إن ما يؤكد انتماء كل من هذه البدائل إلى فئة الينابيع الحرارية- المعدنية هو قدرتها على شفاء بعض الأمراض، إذ أطلق عليها بعض المؤلفين اسم "الينابيع العلاجية الطبية"، هذا، ويشهد التاريخ بأن هذه الينابيع كانت تستعمل بهدف المعالجة المائية، وسرعان ما اكتشف الأقدمون أنها تتميز بخواص شفائية، وخاصة في عهد الفيلسوف اليوناني أفلاطون[1].

أمهات الينابيع في الأقاليم العربية:

الأوضاع المائية في أراضي الدول العربية متفاوتة تبعاً لمواقعها الجغرافية وخواصها الجيومورفولوجية ومناخها، وتأثير هذه الظروف في واقع الينابيع وخواصها، ومن أجل اعتماد مبدأ التماثل في عرض أمهات الينابيع قسمت الدول العربية إلى خمسة أقاليم هي من الشرق إلى الغرب: الخليج العربي- شبه الجزيرة العربية- الشرق الأوسط- شرق إفريقيا العربية- غرب إفريقيا العربية (المغرب).

1- في الخليج العربي:

(1) الكويت: أراضي الكويت خالية من الينابيع الطبيعية.

(2) البحرين: نبع داخلي أوحد هو نبع العذاري الواقع في قلب البحرين، ثمة ينابيع كارستية تحت بحرية على بعد عشرة كيلومترات شمال شرق المحرق،

(1) انظر أيضاً: الثروة المائية العربية"، مجلة الإنماء العربي للعلم والتكنولوجيا، بيروت العدد 17- 18 تموز/يوليو 1989).

وينابيع كارستية تحت بحرية أخرى إلى شرق البحرين مباشرة، يقدر مجموع تصاريف هذه الينابيع بـ 290 ل/ثا، ما يعادل 9.6 مليون $م^3$ سنوياً.

(3) قطر: أراضي قطر خالية من الينابيع الطبيعية، تنتشر في أراضي قطر حفر انهدامية كارستية تظهر مياه عذبة في قيعانها كان الإنسان يتزود منها بمياه الشرب.

(4) الإمارات: الينابيع الطبيعية قليلة في الإمارات ومحدودة التصاريف منها: ينابيع الخت الشمالي والخت الجنوبي، وسيجي، وبوسخانة، ومسافي، ويبلغ مجموع تصريفها السنوي 4 ملايين $م^3$ من المياه الحلوة نسبياً، وتتميز الإمارات بمجموعة كبيرة من الفجّارات يبلغ مجموع تصريفها السنوي 30 مليون $م^3$، وأشهرها أفلاج معلا.

(5) عمان: أم الفجّارات في العالم العربي، حيث تنتشر على نطاق واسع في الشرط الساحلية المحاذية لسفوح السلاسل الجبلية، وأهمها أفلاج وادي البطحا والمضيبي، وتوفر 50٪ من الاحتياجات المائية للري الزراعي، وتوجد في سفوح السلاسل الجبلية مجموعات من الينابيع الصغيرة والمتوسطة منها: عيون أرزات وصحنوت وجرزير وحمران، بمعدل تصريف سنوي قدره 10 مليون $م^3$.

2- في شبه الجزيرة العربية:

(1) السعودية: في البداية، "نبع زمزم" القائم في قلب حرم بيت الله الشريف بمكة المكرمة، وفيما يأتي خواصه المقدسة: تتفجر مياه نبع زمزم من فالق أرضي عميق وباندفاع مؤكد بدليل طاقته المائية الفائقة، المياه قلوية لحد ما، pH = 7.5، الملوحة 1550مغم/ل تتألف من: الصوديوم Naت(332)، الكالسيوم Caت(104)، المغنيسيوم Mgت(52)، البوتاسيوم K ت(12)، الفحمات CO_3Hت(395)، الكلور Clت(360)، أكسيد الكبريت SO_4 ت(290)، وقد أعطى تحليل عناصر الأثر trace elements بطريقة التنشيط النتروني neutron activation قيماً تفوق 30 عنصراً بتراكيز مختلفة منها: الانتموان، البريليوم، البزموت، البروم، الكوبالت،

اليود، الموليدينوم، مما يؤكد فائدة مياه زمزم لصحة الإنسان كما هو معلوم، أخيراً الماء نقي، لا لون له ولا رائحة، ومذاقه مالح قليلاً.

تقسم أراضي السعودية من حيث طبيعة الينابيع إلى ثلاث مناطق هي: السهل الساحلي الغربي (تهامة) على البحر الأحمر، سلسلة الجبال الغربية (الدرع العربي)، المسطحات الشرقية، في تهامة هناك ينابيع سهلية صغيرة عذبة، وكهوف بحيرات مياه عذبة غزيرة ومتجددة على طول السفوح، يطلق عليها اسم عيون الأفلاج منها: الراس، أم هيب، الرويس، الباطن، أم برج، الشقيبات، أم البقر، تجر مياه هذه العيون إلى الأراضي الزراعية غرباً بطريقة الفجّارات، وفي الدرع العربي تحمل سلسلة الجبال كثيراً من الينابيع الصغيرة والمتوسطة العذبة، وأغزرها في جبال عسير جنوباً، ومنها نبع زرقا، أما في المسطحات الشرقية المطلة على الخليج، فتوجد ثلاث واحات تتفجر في كل منها ينابيع غزيرة منها: ينابيع الهفوف في واحة الاحساء، وينابيع القطيف شمال الدمام، وينابيع الخرج في واحة جبرين.

(2) اليمن: لا توجد في اليمن أنهار دائمة الجريان، بل تشهد اليمن في مواسم الأمطار فيضانات كبرى، وتنتشر في اليمن في السلسلة الجبلية والسفوح الخارجية والنجود العليا مئات الينابيع الصغيرة (الغيول جمع غيل- المعايين جمع معين) العذبة والدائمة، تراوح تصاريفها بين لتر واحد إلى بضعة لترات في الثانية، وقد تتجاوز عشرات اللترات أو مائة أو مائتين ومنها: غيل باوزير، وينابيع وادي حضرموت ووادي عدم ووادي العين في اليمن الجنوبي، وفي اليمن تنتشر ينابيع حرارية- معدنية منها: حمام العيون وحمام السخنة في منطقة الحديدة.

3- في الشرق الأوسط:

(1) العراق: تتمركز الينابيع في النصف الشمالي من العراق، وتتوزع على النجود الشمالية الشرقية (سفوح جبال زاكروس) حيث تكون عذبة وطبيعتها كارستية غزيرة، وعلى سهول الجزيرة (أرض الرافدين) حيث تكون مياهها أقل عذوبة من سابقتها، وتنتشر الفجارات (الكهاريز) في سائر المناطق المذكورة، مياهها غزيرة وعذبة عموماً.

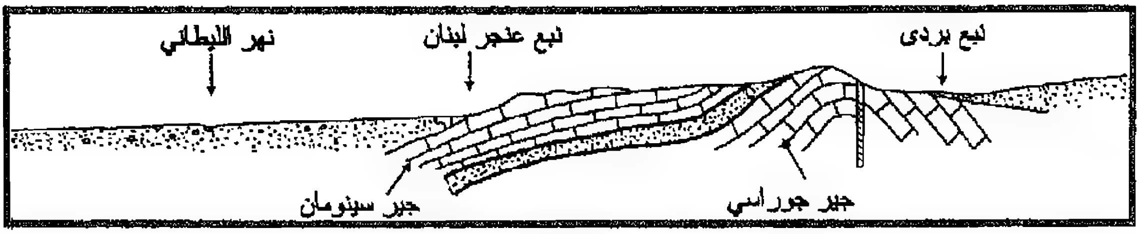
(2) لبنان: الأراضي اللبنانية، وخاصة السفوح والنجود، غنية بالينابيع، وأكثرها غزيرة وعذبة منها: ينابيع نهر العاصي في لبنان بمعدل تصريف سنوي 350 مليون م^3، وينابيع نهر الليطاني (295)، ونبع أفقا (145)، ونبع اليمونة (90)، ونبع جعيتا (85)، ونبع قاديشا (80)، ونبع عنجر (65)، وينابيع الحاصباني (55)، ونبع الصفا (45)، ونبع الباروك (35)، ونبع فوار انطلياس (25)، ونبع العسل (23) جديتا (15)، هذا، وثمة ينابيع كارستية تحت بحرية قريبة من الشواطئ اللبنانية في مناطق شكا وخلده والدامور وصيدا وصور، تراوح تصاريفها بين 60- 1000ل/ثا.

(3) الأردن: في الأردن تسود الينابيع في النجود والأراضي العليا والسفوح، وفي المسطحات الشرقية على نحو أقل، المياه محدودة التصاريف، وهي عذبة ودائمة الجريان عموماً، ومن هذه الينابيع في مناطق: إربد بمعدل تصريف سنوي قدره 42 مليون م^3، الكرك (24)، الزرقا (23)، عمان (22)، البلقا (19)، السخنة (10)، طفيلة (9)، الأزرق (4)، معان (3)، وثمة بعض الينابيع الحرارية- المعدنية، أهمها ينابيع الحمة الأردنية المقابلة لينابيع الحمة السورية على نهر اليرموك.

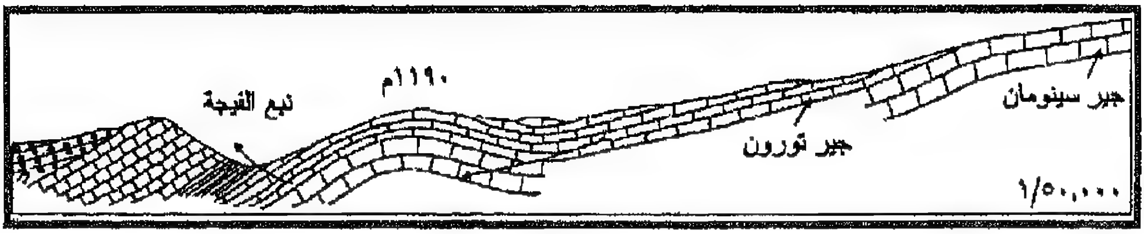
(4) فلسطين المحتلة: نهر الأردن من جهة، والمياه الجوفية الغزيرة من جهة هي مصادر إمداد فلسطين المحتلة بمياه الشرب والري الزراعي وغيرها، مضافاً إليها مجموعة الينابيع الغزيرة الكارستية في منطقة رأس العين التي يتشكل منها نهر العوجا (اليركون) المتجه غرباً ليصب شمالي تل أبيب، يقدر معدل تصريف هذه الينابيع بـ 100 مليون م^3 سنوياً، نُقل 32 مليوناً منها إلى مدينة القدس لإمدادها بمياه الشرب[1].

(1) انظر أيضاً: المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، موسوعة مصادر المياه الأرضية في البلاد العربية (جامعة الدول العربية، تونس 1972).

(5) أمهات الينابيع في الأحواض المائية السورية:



الشكل (2)



الشكل (3)

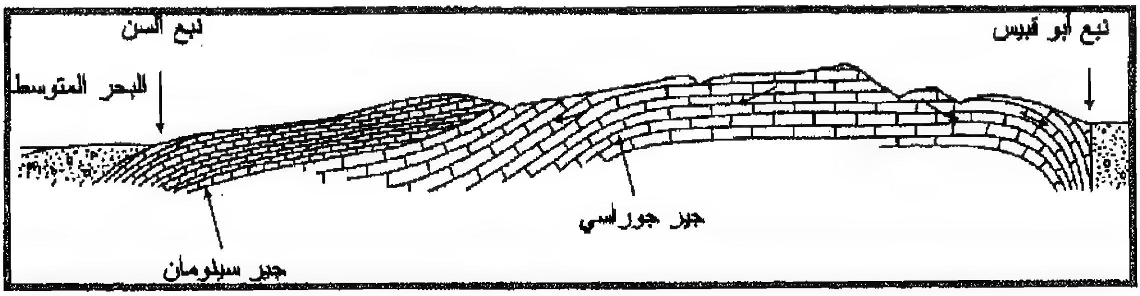
رسمت خارطة الأحواض المائية السورية في عام 1967 وعددها سبعة، منها ثلاثة أحواض داخلية مغلقة (دمشق- حلب- البادية)، وأربعة مفتوحة على البحار (الأردن الأعلى- العاصي- الساحل- الفرات الأوسط)، فيما يأتي عرض لأمهات الينابيع الواقعة في كل من هذه الأحواض، مع الإشارة إلى أن كل رقم مقابل اسم النبع، أو مجموعة ينابيع يرمز إلى التصريف بالمعدل الوسطي السنوي وبملايين الأمتار المكعبة.

1) في حوض دمشق: نبع بردى (130) (الشكل 2) ونبع الفيجة (345) (الشكل 3)، ويتشكل منهما نهر بردى الذي يعد شريان واحة دمشق، نبعا الطمّاسيات والطيبية (70) ويتشكل منهما نهر الأعوج، مجموعة مؤلفة من خمسين فجّارة منتشرة في واحة دمشق، في سبيلها إلى الانقراض نتيجة لانتشار آبار الري الزراعي في الواحة على نطاق واسع، نبع فاسريا الحراري الواقع في منطقة دوما شمال غربي دمشق، ونبع المكبرت الحراري- المعدني الواقع في منطقة الضمير ويقع كلاهما في واحة دمشق.

2) في حوض الأردن الأعلى: نبع بانياس (160)، الذي يشكل نهر بانياس أحد أهم روافد نهر الأردن، ويقع في أعلى الجولان، مجموعة ينابيع السفوح الغربية

للجولان (150) التي تصب في منطقة الحولة، ينابيع مزيريب (125) التي تصب في نهر اليرموك الرافد الرئيسي لنهر الأردن، ينابيع السريا وأم الدنانير في منطقة الشيخ مسكين بحوران، ينابيع الحمة الحرارية- المعدنية المهمة التي تصب في نهايات نهر اليرموك.

3) في حوض العاصي: ينبع نهر العاصي في منطقة الهرمل شمالي سهل البقاع في لبنان، ويصب في البحر المتوسط جنوبي أنطاكية، في سورية يرفد حوض العاصي من الينابيع: نبع التنور (45) عند الحدود اللبنانية، نبع الساخنة (40) في منطقة القصير جنوبي حمص، ينابيع تل العيون (160) قرب محردة، مجموعة الينابيع الكبرى شرقي سهل الغاب (280)، مجموعة الينابيع الكبرى غربي سهل الغاب (200)، مجموعة ينابيع عرى في سهل الروج (75)، مجموعة ينابيع نهر العفرين أحد روافد نهر العاصي الكبرى (120)، وتوجد في حوض العاصي فجارات منها: مجموعة فجارات حوض مجر القلمون بمعدل فجارة أو اثنتين لكل بلدة، مجموعة فجارات منطقة السلمية ويتجاوز عددها أربعين فجارة ترفد المجمعات السكنية بمياه الشرب والري الزراعي، وقد جف معظمها نتيجة تأثير آبار الري الزراعي التي غزت المنطقة فكانت كارثة مشهودة في سورية، ومن الينابيع الحرارية- المعدنية حمامات الشيخ عيسى شمال غربي جسر الشغور، وهي مقصودة للاستشفاء.



الشكل (4)

4) في حوض الساحل: نبع السن الكارستي (340) بالدرجة الأولى (الشكل 4)، بتصريف وسطي قدره 10.5 م^3 في الثانية، وهو بذلك من أهم ينابيع حوض البحر المتوسط من حيث التصريف وعذوبة المياه، ويمثل الشريان الرئيسي لإمداد

مدينتي طرطوس واللاذقية وعدد من القرى الساحلية بمياه الشرب، ومن ينابيع حوض الساحل: ينابيع نهر الكبير الشمالي (100)، ينابيع نهر الكبير الجنوبي (90)، نبع بانياس (45) ونبع السوريت (45) ونبع الناصرية (16) في منطقة بانياس، وعدد كبير من ينابيع الأودية الساحلية أهمها (من الشمال إلى الجنوب): القنديل، الصنوبر، حميميم، البرغل، المرقية، الحصين، طرطوس، عمريت، الأبرش، العروس، ويتفجر عدد من الينابيع الكارستية المهمة تحت البحرية مقابل مدينتي طرطوس وبانياس.

5) في حوض حلب: حوض حلب فقير بالأنهار والينابيع الرئيسية، ثمة ينابيع ثانوية لنهرين: نهر القويق الذي يجتاز مدينة حلب، ونهر الذهب، وفيما عدا ذلك، تنتشر الفجّارات على نطاق واسع شمالي الحوض في منطقة المنبج والباب والسفيرة، وثمة فجّارة حيلان المهمة التي كانت ترفد مدينة حلب بمياه الشرب، وقد جف بعضها نتيجة تأثير آبار الري الزراعي المحدثة.

6) في حوض الفرات الأوسط (الجزيرة العربية): نبع رأس العين الكارستي الشهير (1260)، الذي يشكل نهر الخابور بتصريف وسطي قدره 40 م^3 من المياه العذبة في الثانية، الرافد الرئيس لنهر الفرات في سورية، وهو من أهم الينابيع الطبيعية العالمية، مما حدا أحد المؤلفين تسمية هذا النبع "ملكة الينابيع"، يتبعه نبع العروس الكارستي (150) في تل أبيض الذي يشكل نهر البليخ، الرافد الثاني لنهر الفرات في سورية، ينابيع نهر الساجور (50)، الرافد الثالث لنهر الفرات في سورية.

7) في حوض البادية: حوض البادية فقير بالينابيع لوقوعه في المنطقة الجافة من سورية، من الينابيع: نبع رأس العين (2) في القريتين، ونبع زنوبيا (6) الحراري- المعدني الكبريتي في مدينة تدمر، وحمامات "أبو رباح" شمال غربي القريتين، ويتوفر في حوض البادية عدد من الفجارت لإمداد المجمعات السكنية بمياه الشرب والري الزراعي[1].

(1) أنظر أيضاً: محمد شفيق صفدي، الثروة المائية في الجمهورية العربية السورية (وزارة الأشغال العامة، دمشق 1974).

4- في شرق إفريقيا العربية:

في دول هذا الإقليم، مصر والسودان والصومال، ومع توفر المياه الجوفية القريبة من السطح لا توجد ينابيع مياه عذبة ذات أهمية، وعلى العموم لم تحظ المياه الجوفية من الاهتمام إلا في أطر مشروعات توفير مياه الشرب لقرى الأرياف البعيدة عن نهر النيل وروافده، حيث تمارس أوسع أعمال الري الزراعي، وتنتشر في كل هذه الدول أعداد من الينابيع الحرارية- المعدنية منها: في مصر، ينابيع حمام فرعون الكبريتية الحارة الواقعة في المنطقة الفالقية غربي سيناء، وينابيع حمام موسى الكبريتية الحارة الواقعة في طور سيناء، وينابيع أخرى كثيرة وأقل أهمية في حلوان والفيوم، وفي الصومال تنتشر ينابيع حرارية- معدنية في المناطق الجبلية الشمالية.

5- في غرب إفريقيا العربية:

(1) ليبيا: تمثل المياه الجوفية في ليبيا 95٪ من الموارد المائية القابلة للاستثمار، توجد في ليبيا ثلاثة ينابيع رئيسية هي: نبع الزيانة شرقي بنغازي بمعدل تصريف سنوي 90 مليون م^3، ونبع تاورغا جنوب مصراته (60)، ونبع كعام شرقي الخمس (11)، وينابيع براك في الفزّان (4)، إضافة إلى ينابيع سفوح جبل نفوسة، والجبل الأخضر، والمناطق الداخلية.

(2) تونس: تمثل المياه الجوفية في تونس 40٪ من الموارد المائية القابلة للاستثمار، تتمركز الينابيع الكبرى في الشمال، حيث تشكل الأنهار الكبرى هي: وادي مجردة، وادي زرود، وادي الكبير، وادي عليانة، وادي ملاقة، تليها الينابيع الحلوة المنتشرة في الوسط والجنوب منها: نبع بومرشاق، نبع دراهم، نبع قصرين، نبع سبيلا، نبع حلما، ينابيع شط الجريد، ينابيع غابس، ويراوح المعدل السنوي الفردي لهذه الينابيع بين 3 - 20 مليون م^3، أي دون طاقة ينابيع الشمال، ويوجد في تونس عدد من الينابيع الحرارية- المعدنية منها: نبع قربص الشهير، ونبع حمام بورقيبة، وليف، وبعض ينابيع غابس الحارة.

(3) الجزائر: تسود في سهول الجزائر ونجودها وسبخاتها (الشطل) الداخلية حوامل مائية جوفية حبيسة، الأمر الذي يؤدي إلى تفجر ينابيع (عيون) كثيرة في هذه المنطقة، وأهم هذه الينابيع ما يتفجر منها في الشط الشرقي، نبع سكرونا، ونبع كريدر ونبع صاوس، ويقدر متوسط تصريفها السنوي بـ 35 مليون م^3، وتتفجر كذلك ينابيع كارستية كثيرة في سفوح جبال الأطلس، كما تنتشر الفجارات في السهول والنجود على نطاق واسع، إضافة إلى ذلك، توجد ينابيع حرارية- معدنية (حمامات) منها: نبع بوحنيفة غرباً ونبع بوحلون في جنوب الجزائر العاصمة.

(4) المغرب: أراضي المغرب غنية بالمياه الجوفية من خلال بنيتها الجيومورفولوجية المتنوعة من جبال ونجود وسهول ومناخها الملائم، كما أن معظم الحوامل المائية الجوفية كارستية حبيسة، الأمر الذي يؤدي إلى تفجر ينابيع عالية التصاريف ومياه عذبة نسبياً، يتميز المغرب بأنهار كثيرة وغزيرة، تطلق عليها أسماء الينابيع الكبرى التي تشكل هذه الأنهار ومنها: نبع أم ربيعة ومتوسط تصريفه السنوي 600 مليون م^3، ونبع تدلا (540)، ونبع سيبو (500)، ونبع الصوص (365)، ونبع بين الأودية (250)، ونبع مولويا (150)، ونبع بني مطهر (35)، وتنتشر الفجارات (القطّارات) في سهول المغرب ونجوده على نطاق واسع، وأهمها فجارة حوض الصوص الواقعة أسفل جبال الأطلس الصحراوية جنوباً، وهي أهم فجارة في الأراضي العربية طولاً وغزارة إذ يبلغ متوسط تصريفها متراً مكعباً واحداً في الثانية، ما يعادل 32 مليون م^3 في العام.

(5) موريتانيا: المورد المائي الأساس في موريتانيا هو نهر السنغال الغزير المشترك مع جمهورية السنغال، المياه الجوفية متوفرة ولكن بشروط متدنية، الأمر الذي لا يفسح المجال لتفجر أي ينابيع طبيعية من أي طاقة كانت، بحيث اقتصرت الاستثمارات على حفر الآبار العامة والخاصة.

تنظيم جريان الينابيع الكارستية الكبرى بطريقة التخزين الجوفي ground water reservoir

شهد العصر الحديث طفرات ملموسة في تقنيات تطوير استثمار المياه الجوفية ودعمها، كان من شأنها تحقيق منجزات مائية متكاملة مع الاحتياجات المائية، ومتوازنة مع طبيعة الأحواض المائية التي تقع هذه المنجزات في زمامها، وذلك بهدف تطوير استثمار الموارد المائية بتحويل مصادرها من أوضاعها الطبيعية إلى أوضاع استثمارية مجدية، ومن أهم هذه التقنيات الحديثة تنظيم جريان الينابيع الكبرى بطريقة التخزين الجوفي، تمارس هذه التقنية في حالات العجز المائي الموسمي المسمى (التحاريق low water level) للنبع الكارستي، حيث يرتفع التصريف إلى معدلات فائقة في موسم تفجر النبع كل عام، ليهبط في موسم التحاريق، تتلخص هذه التقنية بضخ مياه النبع في موسم التحاريق بمعدلات تتجاوز المعدلات الطبيعية، وتعويض حجوم هذا التجاوز في موسم تفجر النبع، على أن هذه التقنية سلاح ذو حدين، إذ قد يؤدي تطبيقها إلى عواقب سلبية على طبيعة النبع، إذا لم يسبق التطبيق دراسة متعمقة للنظام الجيوهيدروليكي geohydraulic system للنبع مشفوعة بالغطس في الأعماق.

التشريع المائي وحماية الينابيع الطبيعية:

تشكل الينابيع الطبيعية نقاطاً متميزة على سطح الكرة الأرضية، وإن تفجرها حادثة طبيعية ترمز إلى التوازن الهيدروليكي hydraulic equilibrium ما بين التغذية الطبيعية للحامل المائي الجوفي ومخزونه الإجمالي، وإفراغ ما يرد هذا الحامل من التغذية الفائضة عن المخزون الإجمالي، وبذلك، يعد جريان النبع صمام الأمان في التخزين المائي الجوفي، مما يدعو إلى حماية هذا النبع من الاستنزاف الناتج من ضخ المياه من الآبار المحيطة إن وجدت، مع العلم أن حرارة مياه الينابيع الطبيعية وعذوبتها تكون متميزة من سواها، ولهذا الغرض، يُعنى التشريع المائي الحضاري بصياغة أحكام خاصة بتحديد حرم مساحي لكل نبع، تُحظّر في زمامه أي ممارسة لضخ المياه الجوفية من خلال الآبار وغيرها، يكون تحديد هذا الحرم في

ضوء دراسة هيدروجيولوجية للنبع ونظامه الهيدروليكي، وينسحب ذلك أيضاً على الفجّارات[1].

النفق : Tunnel

النفق tunnel هو ممر تحت سطح الأرض طوله أكبر من ضعف عرضه وهو مغلق من كل الجهات عدا فتحة في كل من نهايتيه وممرات جانبية للصيانة والإنقاذ.

نفذت الأنفاق في العصور الوسطى تحت القلاع والحصون من أجل استخدامها ممرات سرية وأحياناً للعبور تحت جدران هذه القلاع لمهاجمتها والدخول إليها، كما نفذت ومازالت تنفذ الأنفاق على أعماق كبيرة بوصفها ممرات تحت الأرض للوصول إلى مكامن فلزات المعادن الثمينة، واستخدمت الأنفاق أيضاً في نقل المياه العذبة أو تصريف المياه العادمة كتلك التي نفذت في المدن القديمة كالقدس وروما وأثينا.

إضافة إلى استخداماتها القديمة شهد تنفيذ الأنفاق توسعاً كبيراً بعد القرن الثامن عشر لحل مشكلات النقل بأنواعه حيث ساعدت على تجاوز العقبات والعوائق التي تظهر على سطح الأرض، ووفرت انتقالاً مباشراً للناس والبضائع من دون الحاجة إلى الالتفاف حول هذه العوائق، ولهذا فإنها مازالت تنفذ تحت الجبال والأنهار والبحار والمناطق السكنية والصناعية المكتظة بهدف نقل الأشخاص والبضائع بالسيارات والقطارات ومن أجل مرور المياه أو أنابيب الغاز أو شبكات الكهرباء.

لمحة تاريخية:

شيدت كل الحضارات القديمة الأنفاق للتزويد بمياه الشرب أو للصرف الصحي خاصة، ومن أقدمها:

---

(1) الموسوعة العربية، محمد شفيق صفدي، المجلد العشرون، ص445، (بتصرف).

- نفق الصرف الصحي بوادي الهندوس Indus Valley في مدينة موهنجو-دارو Mohenjo-daro الذي بني بين 2500- 1500 قبل الميلاد.
- نفق تحويلة نهر الفرات الذي نفذه البابليون نحو عام 2100 قبل الميلاد حيث حفروا خندقاً بطول 900م من القصر الملكي إلى المعبد الرئيسي وبنوا فيه ممراً من الآجر بعرض 3.6م وارتفاع 4.6م ومن ثم أعادوا النهر إلى مجراه الأول ليمر فوق النفق.
- نفق تزويد مدينة القدس بمياه الشرب بطول 535م، بُني نحو عام 700 قبل الميلاد.
- بنى اليونانيون القدامى أنفاق مياه الشرب وكان أكثرها شهرة النفق الذي بني في جزيرة ساموس Samos في العام 530 قبل الميلاد حيث نفذ بطول 1000م في صخور من الحجر الكلسي وبُطِّن من الداخل بأنابيب فخارية لجر مياه الينابيع إلى المدينة.
- كان المصريون القدماء من أكثر الشعوب طموحاً في تنفيذ الأنفاق فاخترعوا العديد من الطرائق لحفر الصخور القاسية وقطعها، فمثلاً يعود لهم الفضل في عام 1300 قبل الميلاد بقطع الصخور وفق سطوح محددة حيث كانوا يحفرون أخدوداً في الصخور بعمق 10- 50 سم ثم يحشرون أسافين خشبية فيه ويسكبون عليها الماء فيكبر حجمها وينشق الصخر وفق السطح المطلوب؛ ويعود لهم أيضاً وضع تقانة قص الصخور بتسخينها بالنار عند سطوح محددة ثم تبريدها فجأة فيتشقق الصخر.
- تم تنفيذ العديد من الأنفاق في عهد الرومان من أشهرها النفق الذي بُني في القرن الرابع قبل الميلاد بطول 1830م لتفريغ مياه بحيرة ألبانو Lake Albano حيث استخدم في تنفيذه خمسون نفقاً مائلاً لتسريع تنفيذ النفق الرئيسي ولتهويته، كما نُفذ نفق الرومان الأعظم The greatest Roman tunnel في عهد كلوديوس الأول Claudius I ليصرف مياه بحيرة فوشينو Fucino الذي أنجز في عام 50 ميلادية بعد أحد

عشر عاماً من العمل شارك فيه 30000 عامل، وكان طول النفق نحو 5.6كم وتم تنفيذه من خلال أربعين نفقاً شاقولياً.

- توقف تقريباً تنفيذ الأنفاق في العصور الوسطى لعدم توفر التقانات المناسبة للتعامل مع الصخور الطرية وبالتالي نفذت في هذه الفترة بعض الأنفاق كما في العصور القديمة في الصخور القاسية، وعلى الرغم من أن البارود استخدم أول مرة في أعمال التفجير اللازمة لتفتيت الصخور في ألمانيا من قبل مارتين فيغل Martin Wiegel في عام 1613 لكنه لم يلق رواجاً لأنه كان غالياً وصعب الاستعمال.
- بدأ عهد جديد لتنفيذ الأنفاق عند زيادة الطلب لتحسين النقل بوساطة الأقنية في الفترة بين 1760- 1830، حيث استعمل البارود استعمالاً واسعاً في الأطلسي والبحر المتوسط في الأعوام 1679- 1681 فتم حفر نفق بعرض 6.7م وارتفاع 8.8 وطول 155م.

بنى جيمس برندلي James Brindley في بريطانيا قناة بطول 17كم افتتحت في عام 1761 لنقل الفحم من منجم ورسلي Worsley إلى مدينة مانشستر، وقد اشتملت القناة على نفق عند المنجم وآخر عند مدينة مانشستر.

بني أول نفق كبير في الولايات المتحدة الأمريكية بين عامي 1818- 1821جزءاً من قناة سسكهنا Susquehanna في بنسلفانيا Pennsylvania فكان طول النفق 135م وارتفاعه 5.5م.

أساسيات النفق:

إن النفق عبارة عن ممر أفقي يقع في مكان ما تحت الأرض وإن التآكل وقوات طبيعية أخرى يمكن أن تشكل الأنفاق أيضاً ولكن سنتحدث هنا عن أنفاق من صنع الإنسان، أنفاق مصنوعة بعملية الحفر.

هناك العديد من الطرق المختلفة لحفر النفق يتضمن ذلك العمل اليدوي والمتفجرات والتدفئة والتبريد السريع وآلات حفر الأنفاق أو يمكن أن يكون عن طريق مجموعة من هذه الطرق.

إن بعض الأبنية قد تتطلّب حفر مشابه لحفر النفق ولكنها في الحقيقة ليست أنفاقاً فالأعمدة على سبيل المثال تتطلب حفر يدوي في أغلب الأحيان أو حفر بالأجهزة البسيطة وهي عمودية وقصيرة على خلاف الأنفاق.

إن الهندسة الأساسية للنفق هي قوس مستمر لأن الأنفاق يجب أن تقاوم الضغط الكبير من كل الجوانب والقوس هو الشكل المثالي للأنفاق.

تتم هندسة النفق مثل هندسة الجسر أي يجب أن تتعلق بمنطقة الفيزياء المعروفة بعلم توازن القوى إذ يقوم علم توازن القوى بوصف كيفية قيام القوات التالية بالتفاعل لإحداث الموازنة في الأبنية مثل الأنفاق والجسور:

"الشد الذي يقوم بتوسيع أو سحب المواد".

"الضغط الذي يقوم بتقصير أو ضغط المواد".

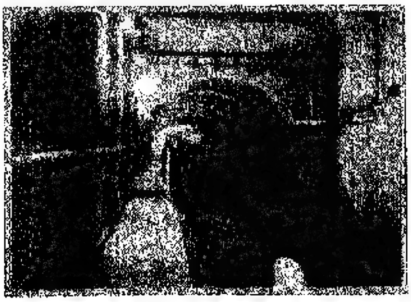
"القص الذي يتسبّب بانزلاق أجزاء المواد ويمرورها باتجاهات معاكسة لبعضها البعض".

"الالتواء الذي يتسبب بانحناء المواد".

وإن على النفق أن يقاوم هذه القوات بمواد قوية مثل الفولاذ والحديد والإسمنت، ولكي تبقى الأنفاق ساكنةً يجب أن تكون قادرة على مقاومة الأحمال التي وضعت عليها ويشير الحمل الميت إلى وزن التركيب بنفسه بينما الحمل الحيّ يشير إلى وزن العربات والناس الذين يتحرّكون خلال النفق.

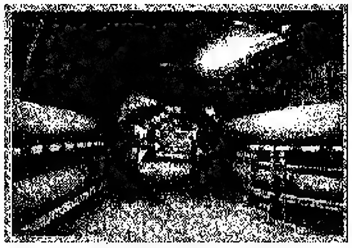
تصنيف الأنفاق طبقاً لاستخدامها:

- أنفاق القطارات: railway tunnels



الشكل (1)

الشكل (2)



الشكل (5)

الشكل (4)

الشكل (3)

تعد أنفاق القطارات من أهم أنفاق النقل، وتكثر عادة في المناطق الجبلية وتنفذ أحياناً للعبور تحت الأنهار أو لتجاوز المناطق السكنية المكتظة (الشكل 1).

أنفاق الطرق: highway tunnels

مع زيادة حركة السير على الطرق الرئيسية ومع تطور صناعة السيارات أصبح تنفيذ هذا النوع من الأنفاق لاختراق المناطق الجبلية أو تحت المجاري المائية (الأنهار) أو تحت الساحات والمناطق المكتظة ضرورة ملحة لتشكل استمراراً مباشراً للطرق (الشكل 2).

- أنفاق المشاة: pedestrian tunnels

ينتمي هذا النوع من الأنفاق إلى أنفاق الطرق لكن مقطعها العرضي أصغر لأنها غير مخصصة لمرور السيارات بل يستخدمها المارة وبالتالي ليس من الضروري أن تكون مقاطعها العرضية كبيرة أو ميولها الطولية صغيرة، ويمكن أن تنتهي بأنفاق شاقولية تحتوي على مصاعد لنقل المارة من خلالها إلى سطح الأرض (الشكل 3).

- أنفاق المحطات الكهرمائية: hydroelectric plant tunnels

يتم تحويل مياه الأنهار وتمريرها عبر أنفاق تصل عادةً بين خزان مياه عالي المستوى reservoir إلى محطة لتوليد الطاقة الكهربائية تقع في مستوى منخفض، يُصمم المقطع العرضي لهذه الأنفاق على شكل حذوة حصان أو دائري ليتحمل ضغط المياه العالي الناتج من الفرق الكبير بين مستوى المياه في الخزان ومستوى محطة توليد الطاقة.

- أنفاق تزويد المياه: **water tunnels**

تستخدم هذه الأنفاق لنقل مياه الشرب بالجريان الحر من الينابيع أو الأنهار إلى خزانات تجميع المياه في المدن مثل نفق مياه عين الفيجة الذي يجر مياه نبع عين الفيجة إلى مدينة دمشق الذي انتهى تنفيذه في عام 1981 بطول 14.5كم وبقطر 2.55م (الشكل 4).

- أنفاق مياه المجاري: **sewer tunnels**

تنفذ هذه الأنفاق لتصرف المياه الناتجة من الاستخدامات المختلفة (مياه عادمة) sewage، وهي تشبه أنفاق التزويد بمياه الشرب من حيث إن الجريان فيها يتم تحت تأثير الثقالة، ولكن يجب حماية جدران هذه الأنفاق بطلائها بمواد خاصة لأن المياه المصروفة تكون محمّلة عادةً بمواد عدوانية تؤدي إلى تآكل المواد المكونة لجدران الأنفاق.

- أنفاق الخدمة: **utility tunnels**

تنفذ هذه الأنفاق عادةً في المدن ليمرر فيها كابلات الطاقة والهاتف وأنابيب الماء والغاز (الشكل 5)، ويمكن أن تتسع لمرور آلية أو عربة من قياس معين تستخدم في أعمال الكشف عن الأعطال والصيانة، ويختلف هذا النوع من الأنفاق عن الأنفاق السابقة بطريقة الدخول والخروج من النفق حيث يتم غالباً الوصول إلى سطح الأرض عبر أنفاق شاقولية **shaft**.

أطول الأنفاق في العالم:

- يُعد نفق سَيكان Seikan Tunnel في اليابان أطول نفق قطارات في العالم حيث بلغ طوله 53.9 كم منها 23.3كم تحت البحر.
- يُعد نفق القناة Channel Tunnel بين فرنسا وبريطانيا ثاني أطول نفق قطارات في العالم بطول 50.5 كم منها 39كم تحت البحر.

- ويُعد نفق لِردال Laerdal Tunnel في النروج أطول نفق سيارات في العالم بطول 24.5كم.
- ويعد نفق جونغنان شان Zhongnanshan في جبل جونغنان في الصين أطول نفق سيارات في العالم بطول 18.04كم.
- كما يُعد نفق القديس غوتهارد St.Gotthard Tunnel في سويسرا ثاني أطول نفق سيارات بطول 16.32كم.
- يُعد نفق هسووِّشان Hsuehshan Tunnel في شمال تايوان أطول نفق سيارات في آسيا بطول 12.955كم.

التحريات الجيولوجية: geological investigation

قبل تنفيذ أي نفق لابد من إجراء تحريات جيولوجية مستفيضة للموقع المختار لتقدير المخاطر التي يمكن مواجهتها وللتأكد من شروط التربة والمياه الجوفية، ومن أهم العوامل- إضافة إلى أنواع الترب والصخور- التي تحدد سلوك كتل الصخور ما يأتي:

- حجم كتل الصخور بين نقاط اتصالها rock joints.
- تحديد الطبقات والمناطق الضعيفة مثل الصدوع والمناطق المجواة (المتأثرة بالعوامل الجوية).
- طبقات المياه الجوفية وكميتها ونوعها ونمط جريانها وضغطها.
- دراسة بعض المخاطر الخاصة كالحرارة والغازات والهزات الأرضية.

تقسم التحريات إلى تحريات جوية وسطحية وعميقة حيث تحفر سبور (آبار) عميقة deep borings يتم من خلالها تعرف طبقات الأرض وخصائصها الكيمياوية والفيزيائية والميكانيكية.

عندما تكون الشروط الجيولوجية معقدة ومقطع النفق العرضي كبيراً يصبح تنفيذه مكلفاً جداً وأحياناً غير عملي، ولهذا يجب تنفيذ برنامج تحريات جيولوجية مكثّفة في مرحلة التصميم للتأكد من الشروط الجيولوجية على طول

مسار النفق، وتستمر التحريات الجيولوجية في أثناء التنفيذ بحفر نفق استكشافي pilot bore في مقدمة النفق المزمع حفره، وقد يؤدي ذالك في كثير من الأحيان إلى معلومات جيولوجية جديدة تحتم تغيير التصميم الأصلي للنفق.

عندما يكون النفق غير عميق من سطح الأرض يصبح تنفيذ سبور شاقولية لتحري الطبقات من سطح الأرض حتى تلك التي سيحفر فيها النفق أمراً ضرورياً وعملياً، ولهذا في أغلب الأنفاق غير العميقة تنفذ سبور على طول محور النفق عند مسافات بين 30- 150م لأخذ عينات غير مضطربة من الترب والصخور لتحديد خصائصها الهندسية المختلفة كمقاومتها ومساميتها، وكذلك لتحديد مستوى المياه الجوفية وكميتها ونوعيتها[1].

تنفيذ الأنفاق:

بعد تحديد مسار النفق وإنجاز التحريات الجيولوجية لطبقات الترب والصخور يُصمم شكل المقطع العرضي للنفق وهيكله الإنشائي ليقاوم الأحمال المنقولة إليه نتيجة الإخلال بعملية التوازن بين الصخور في أثناء حفر النفق، وعموماً يتم اختيار مقطع عرضي دائري أو قريب من ذلك ليقاوم القوى الخارجية والداخلية، وتنفذ أعمال الحفر في الصخور القاسية جداً بالتثقيب والتفجير، تتم أعمال الحفر في الصخور المتوسطة القساوة بوساطة مكنات حفر الأنفاق tunnel-boring machine، أما في الصخور والترب الطرية فتنفذ بوساطة درع advancing shield يتقدم فيضغط التربة إلى داخل النفق، وفي جميع الأحوال تُجمع نواتج الحفر (الأنقاض) muck وتُنقل إلى خارج النفق.

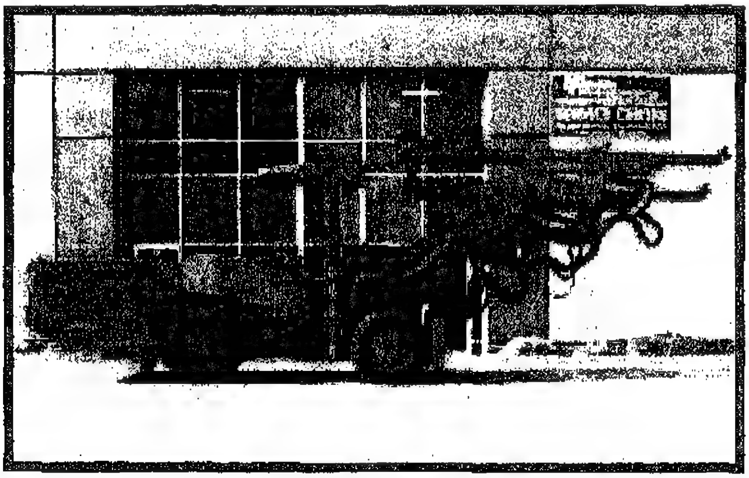
تنفيذ الأنفاق في الصخور الصلبة: hard rock tunneling

تُنفذ الأنفاق القصيرة فقط من بوابة النفق، في حين يتم تنفيذ الأنفاق الطويلة بمساعدة أنفاق شاقولية إضافية أو بمساعدة نفق صغير pilot tunnel موازٍ

(1) KAROLY SZECHY, The Art of Tunneling (Akademie Kido, Budapest 1966).

للنفق الرئيسي ويتصل به عند عدة نقاط. يعد النفق الصغير نقاط عبور للنفق الرئيسي وطريقاً لنقل الأنقاض ومجاري التهوية وخطوط الصرف.

عندما يكون المقطع العرضي للنفق كبيراً يُنفذ الحفر على مرحلتين متتاليتين أولاهما للجزء العلوي من المقطع العرضي heading، تتبعها الأخرى للجزء السفلي bench مما يسمح بتزامن أعمال التثقيب للمتفجرات في الجزء العلوي والترحيل في الجزء السفلي، وعندما تطورت طرائق تنفيذ الأنفاق ومعداتها صار من الممكن تنفيذ أعمال الحفر على كامل المقطع العرضيfull-face وذلك بعد اختراع آلة حفر الثقوب العملاقة الجامبوjumbo، وهي منصة مُتحركة رُكّب عليها أذرع تثقيب عملاقة (الشكل 6) تستطيع تنفيذ ثقوب لتزرع فيها المتفجرات على كامل وجه النفق (المقطع العرضي) دفعة واحدة.



الشكل (6)

تُحفر ثقوب التفجير بقطر بضع سنتمترات بوساطة مثاقب فولاذية دوارة مع ضخ للماء عبر ثقب عند رأس المثقب فيبرده من جهة ويُخفض كمية الغبار الناتج من الحفر، يراوح عمق الثقوب بين 1.2م و3.5م، ويؤدي نوع الصخور دوراً أساسياً في تحديد عمق الثقوب فيقل العمق عندما تكون الصخور ضعيفة ومفككة، وفي كل الأحوال يجب ألا يزيد عمق الثقوب على عرض النفق.

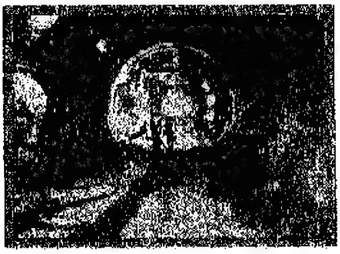
تُنفّذ الثقوب عادةً طبقاً لنمط أو شكل محدد مسبقاً وذلك طبقاً لنوع الصخور وشكل طبقاتها، ويتم التفجير وفق تتابع زمني محدد، وذلك بغية الحصول

على أكبر كمية من الحفر في عملية تفجير واحدة، وقد جرت العادة أن تُنفذ مجموعة من الثقوب المائلة إلى الداخل على شكل حلقة في مركز وجه النفق وأن يتم تفجيرها أولاً ومن ثم يتبعها بتأخير زمني قليل تفجير الثقوب الأبعد عن المركز والتي تميل إلى الخارج، وذلك باستخدام صواعق تفجير تأخيرية، ويعتمد مقدار هذا التأخير على طبيعة نوع الصخور.

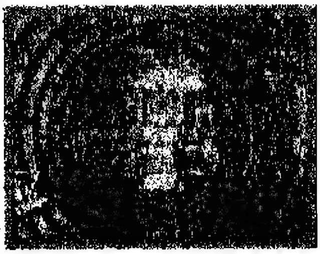
يستخدم الديناميت dynamite استخداماً واسعاً في أعمال التفجير في حفر الأنفاق ويكون على شكل قضبان بقطر 3سم وبطول 23سم، تحشر هذه القضبان في الثقوب المعدّة بوساطة قضبان خشبية ومن ثم تُفجّر كهربائياً وفقاً لتسلسل زمني محدد تتحكم به صواعق تأخيره.

يتم إزالة الصخور المخرّبة بالتفجير بوساطة آليات كهربائية مخصصة، وفي بعض الأحيان عندما تكون تهوية النفق جيدة تُستخدم الآليات التي تعمل على الديزل لرفع نواتج الحفر ونقلها إلى خارج النفق.

يجب تدعيم النفق مع استمرار الحفر في أغلب شروط الصخور عدا حالة التشكلات الصخرية القاسية لأن التدعيم يمنع تساقط الصخور في أثناء أعمال التفجير التالية ويسند كتل الصخور التي ضعفت نتيجة أعمال الحفر، استعمل التدعيم الخشبي مع بطانة من الآجر في مرحلة ما، وفي مرحلة لاحقة استعمل التدعيم المعدني أو البيتوني مع بطانة من البيتون المسلح، وفي كثير من الأحيان استعملت قضبان roof bolts لتثبيت كتل الصخور مع بعضها خاصة في منطقة السقف حيث يتم إدخال هذه القضبان في ثقوب معدة مسبقاً تحقن في أغلب الأحيان حولها مادة رابطة لضمان التماسك بين هذه القضبان وكتل الصخور.



الشكل (7)



الشكل (8)

الشكل (9)

بعد الانتهاء من أعمال التدعيم تُنفذ للنفق بطانة خرسانية، وتؤجل هذه البطانة عادةً إلى ما بعد الانتهاء من أعمال التثقيب والتفجير والترحيل إلا إذا كان هناك حاجة إلى البطانة الخرسانية لسند الصخور الضعيفة، تُصنع القوالب الخاصة لصب هذه البطانة من الخشب أو الحديد وفي كثير من الأحيان تركّب هذه القوالب على سكك من أجل سرعة حركتها، وأحياناً أخرى تُصنع قوالب متحركة تلسكوبية telescope بحيث يدخل جزء القالب غير المستخدم تحت الجزء المستخدم ويحرك إلى موقع متقدم ليُرفع هيدروليكياً إلى الارتفاع المناسب وتُصب الخرسانة بينه وبين الفجوة المحفورة (الشكل 7)(1).

تنفيذ الأنفاق في الأرض الطرية: soft-ground tunneling

وتشمل الأنفاق التي تحفر في الصخور الطرية أو الترب بجميع أنواعها، ولا تحتاج إلى أعمال التفجير التي ذكرت في الفقرة السابقة، ويشتمل حفر هذا النوع من الأنفاق على مخاطر عديدة نتيجة الانهيارات التي يمكن أن تحدث في أثناء تنفيذ أعمال الحفر، ولهذا يدعَّم سقف النفق وجدرانه بأسطوانة فولاذية تدعى الدرع shield ليتحمل ضغط التربة الطرية، يتألف الدرع من غلاف من الصفائح الفولاذية على شكل أسطوانة تقسم إلى ثلاثة أجزاء تختلف بصلابتها ومرتَّبة طبقاً للغاية منها وهي:

- الجزء الأمامي: مقوى بفولاذ مصبوب ليشكل النهاية القاطعة cutting edge (الشكل 8)، مهمته الأساسية تسهيل تقدم الدرع وتوجيهه باختراق الترب والصخور، ومهمته الثانوية توفير ملجأ آمن لعمال الحفر، تمتد النهاية القاطعة بضع أقدام أمام حاجز diaphragm مدعم بقوة يحتوي على عدة فتحات تستخدم في حفر الصخور والأتربة الواقعة أمام الدرع.
- الجزء الوسطي: يوفر حجرة لمعدات الدفع الهيدروليكية وأجهزته.

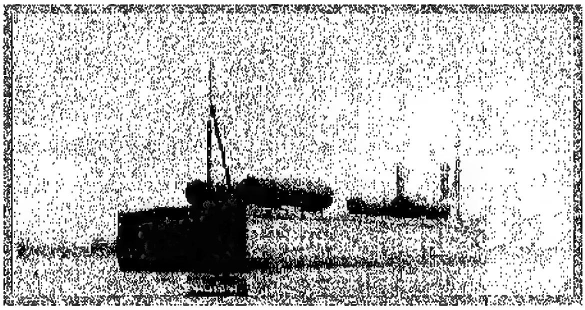
(1) ESCWA, United Nations, Assessment on the Water Resources Situation in the ESCWA Region (E/ESCWA/Rev.1, 1981).

- جزء الذيل: يساعد على بناء بطانة النفق، خاصة إذا كانت من النوع الذي يركب من أجزاء مسبقة الصنع.

يُلحق بالدرع عادةً تجهيزات حفر ورفع للأنقاض وسيور ناقلة ومعدات لتركيب بطانة النفق والحقن خلفها.

وحديثاً تم تزويد هذا النوع من الآلات بأذرع هيدروليكية تقوم بالحفر أمام الدرع كما في الشكل (9).

تتألف دورة العمل cycle of operation من دفع إلى الأمام ثم تبطين النفق ثم ترحيل الأنقاض، ويستخدم في التبطين قطع من الفونط أو الخرسانة مسبقة الصنع تركب وتجمع مع بعضها ببراغٍ من أجل التدعيم المناسب لجدران النفق وسقفه، ولضمان كتامة ضد تسرب الماء بعد أن تغلق الفواصل بين القطع بمواد كتيمة خاصة.



الشكل (10)

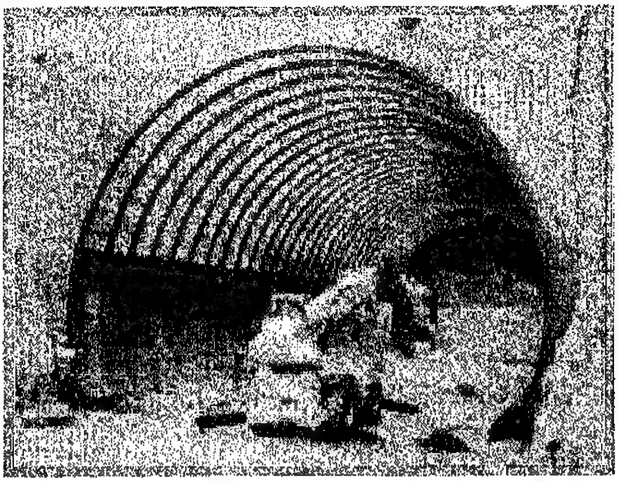
يؤدي حفر الأنفاق في الأرض تحت الأجسام المائية إلى تسرب كمية كبيرة من المياه إلى داخل النفق في أثناء تشييده ولمنع ذلك يتم ضخ كمية كبيرة من الهواء عند رأس النفق للحصول على ضغط عالٍ يفوق ضغط الماء في خارجه فيتوقف تسرب الماء، استخدمت هذه الطريقة في تنفيذ أنفاق القطارات تحت نهر التايمز في لندن وكذلك تحت نهر إيست ريفر في نيويورك.

تنفيذ الأنفاق المغمورة: sunken-tube tunnel

تنفذ الأنفاق المغمورة بحفر خندق في قاع نهر أو أي جسم مائي ثم يجري تعويم أجزاء النفق الفولاذي أو الخرساني مسبق الصنع المقفلة الأطراف (الشكل 10)

حتى تصل إلى المكان المناسب فوق الخندق فتُرسى في المكان المخصص لها في الخندق وتُجمع الأجزاء لتشكل نفقاً تحت الماء، استخدمت هذه الطريقة في نفق نهر ديترويت Detroit في الولايات المتحدة الأمريكية الذي تم بناؤه بين عامي 1906- 1910.

تنفيذ الأنفاق قليلة العمق: shallow tunnels



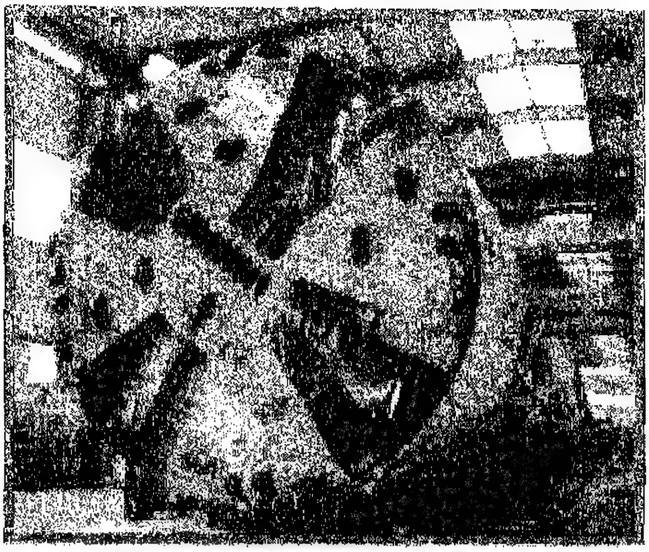
الشكل (11)

يكون عمق النفق عن سطح الأرض عادة في المدن قليلاً بغية تسهيل وصول الركاب وأعمال الصيانة، لذا يحفر خندق على طول النفق وينفّذ فيه هيكله الخرساني المسلح ثم يعاد ردم التربة حوله بعد تنفيذ طبقات عزل مائي مناسبة له من الخارج، تسمى هذه الطريقة بطريقة الحفر ثم الردم cut-and-cover كما في الشكل (11)، وفي هذه الحالة يصمم الهيكل الإنشائي للنفق ليحمل كل وزن التربة فوقه لأن الفعل القوسي في التربة لم يعد موجوداً بسبب تخرب التربة عند حفرها.

تنفيذ الأنفاق بوساطة آلة الحفر: Tunnel-Boring Machines(TBM)

استعملت أول مرة عام 1883 من قبل المهندس البريطاني فريدريك بومونت Frederick Beaumont عندما بدأ التفكير بتنفيذ نفق تحت القنال الإنكليزي، على الرغم من أن العمل أُوقف في حينها فإن آلة الحفر TBM شكلت نجاحاً غير مسبوق حيث كانت تحفر 15م من طول النفق يومياً، استُخدمت آليات الحفر

TBM بعد عام 1960 عندما صارت مكننة تنفيذ الأنفاق ضرورة ملحة نتيجة ارتفاع أجور العمال ارتفاعاً كبيراً وزيادة الطلب على تنفيذ الأنفاق.



الشكل (12)

تستعمل آلات TBM لحفر الأنفاق ذات المقطع الدائري في كل أنواع الصخور والترب بدءاً من الصخور القاسية جداً حتى الترب الرملية وبقطر من 1.5م حتى 15م، والحفر بهذا النوع من الآلات لا يؤدي إلى اضطراب الترب المحيطة بالنفق ويضمن سطوح حفر ناعمة مما يخفّض تكلفة تبطين النفق إلى حد كبير، أما سيئة التنفيذ بهذه الطريقة فهي كلفتها المرتفعة.

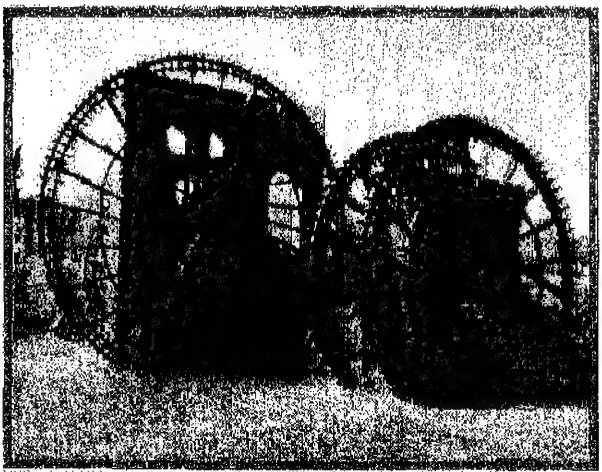
تتكون آلة TBM عادة من درع أو درعين (أسطوانة فولاذية كبيرة) وآليات mechanisms استناد، يتقدم الدرعَ قرصٌ قاطع دوار مثبت عليه أسنان حادة يعمل مثقباً عملاقاً (الشكل12)، تدخل نواتج الحفر (الأنقاض) إلى حجرة خلف القرص الدوار ليصار إلى ترحيلها على سيور متحركة أو مزجها بالماء وضخها بأنابيب إلى خارج النفق وذلك طبقاً لنوع الأنقاض.

استخدمت أنماط مختلفة من آلات TBM في حفر العديد من الأنفاق مثل:

- حفر نفق مائي يمثل جزءاً من سد آوه Oahe Dam على نهر ميزوري Missouri بقطر نحو 9م عام 1960.

- حفر نفق مائي يمثل جزءاً من سد منغلا Mangla Dam في الباكستان بقطر 11م في بداية الستينات من القرن العشرين، استخدمت المكنة نفسها في حفر نفق تحت نهر ميرسي Mersey في إنكلترا في مطلع سبعينيات القرن ذاته.
- حفر نفق القنال The Channel Tunnel بين بريطانيا وفرنسا تحت القنال الإنكليزي ويتألف من ثلاثة أنفاق متوازية منها نفقان للقطارات بقطر 7.6م والثالث للخدمات بقطر 4.8م يقع بين النفقين السابقين ويتصل بهما بممرات عرضية كل 375م تقريباً، تم إنجاز المشروع عام 1994 بعد أن استخدمت في حفره إحدى عشرة آلة TBM.
- يتم اليوم استخدام آلتين TBM بقطر 15.2م في حفر الأنفاق على الطريق المحلق بمدينة مدريد وآلتين أخرتين بقطر 15.4م في حفر نفق منغ Ming في مدينة شنغهاي في الصين[1].

النواعير: Water wheels



الشكل (1) ناعورة المحمدية على نهر العاصي يبلغ طول قطرها 21 متراً

الناعورة water wheel أو دولاب الماء هي آلة مائية ذات حركة دائمة ومزودة بصناديق أو مغارف مجوفة، مهمتها الأساسية غرف المياه من مستوى سطح

(1) الموسوعة العربية، محمد أحمد السيمارة، المجلد العشرون، ص805، (بتصرف).

النهر ورفعها إلى مستوى أعلى (الشكل 1)، حين دوران الناعورة تغمر صناديقها السفلية بالماء وترتفع وهي مملوءة بالمياه لتصبها في قناة تنقلها إلى أماكن أخرى لاستخدامها في أغراض مختلفة سواء للري أم للشرب.

والناعورة لغوياً: اسم آلة مشتق من فعل نَعَر بمعنى أحدث صوتاً فيه نعير، وهو الصوت الصادر من أقصى الأنف، وقيل لمثل هذه الآلة ناعورة لنعيرها.

لمحة تاريخية:

النواعير هي وسيلة قديمة تستخدم المياه الجارية أو الساقطة لتوليد قوة مائية بوساطة مجموعة من المجاديف المركبة حول عجلة حيث تحرك قوة الماء المجاديف فتنتقل الدورة الحاصلة للعجلة إلى آلة بوساطة عمود العجلة.

يعود الاستخدام الأول للنواعير إلى نحو 4000 سنة قبل الميلاد إذ كانت تستخدم لري المحاصيل وطحن الحبوب وتزويد القرى بمياه الشرب، ثم استخدمت بعد ذلك لتشغيل مصانع نشر الخشب والمضخات، ومنافيخ المصاهر، فكانت تعد الأسلوب الأول لإحلال الطاقة الميكانيكية محل طاقة الجهد العضلي للإنسان والحيوان.

الشكل (2)

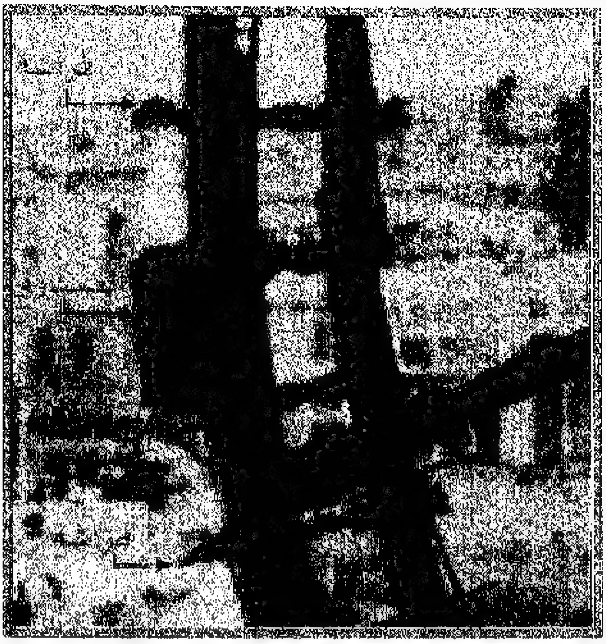
الشكل (3) أجزاء الناعورة (نواعير حماة)

وتظهر أقدم صورة محفوظة للنواعير في لوحة من الفسيفساء يعود تاريخها إلى القرن الرابع قبل الميلاد، عثر عليها في مدينة أفاميا الأثرية وهي موجودة اليوم في حديقة المتحف الوطني في دمشق (الشكل2)[1].

بنية الناعورة:

لم تتغير بنية النواعير على مر العصور منذ خمسة وعشرين قرناً حتى اليوم، فهي تتألف من دواليب مائية دائرية ذات حركة دورانية دائمة، وكانت تصنع قديماً من أخشاب قاسية متنوعة الطول والعرض، تربط مع بعضها بعضاً ومع محور خشبي ضخم كبير القطر من الخشب القاسي يسمى "القلب" يرتكز على قاعدتين مركبتين على أساسات حجرية ثابتة تدعى "الكفتان"، وتركب على محيط الناعورة أخشاب معترضة تسمى "الفراشات" (جمع فراشة) تلتقي مع تيار الماء الدافق فتدير الناعورة حول قلبها باستمرار، وتتوزع على أطرافها "صناديق" خشبية متلاصقة ذات فوهات جانبية تمتلئ بالماء حين غمرها بمياه النهر، فإذا ارتفع الصندوق إلى الأعلى وبدأ يهبط من جديد يتدفق منه الماء إلى حوض واسع، ومنه إلى قناة مرتفعة على قناطر تسمى "الحجرية" وتعتمد قدرة الساقية وسرعة دوران الناعورة على سرعة المياه التي تدفع العوارض "الفراشات" (الشكلان 3 و4)، ولهذا يبنى سد قبل الناعورة لحجز المياه وجعلها تتدفق سريعاً نحو فتحة شديدة الانحدار خاصة بالناعورة، فتعمل المياه المتدفقة بالفراشات واحدة بعد الأخرى على تدوير الناعورة حاملة في صناديقها الماء نحو أعلى الحجرية.

(1) FRANCES, JOSEPH & GIES, Cathedral, Forge, and Waterwheel: Technology and Invention in the Middle Ages (Harper Perennial, New York 1994).



الشكل (4) الصناديق المقلوبة والفراشات على إحدى نواعير مدينة حماة

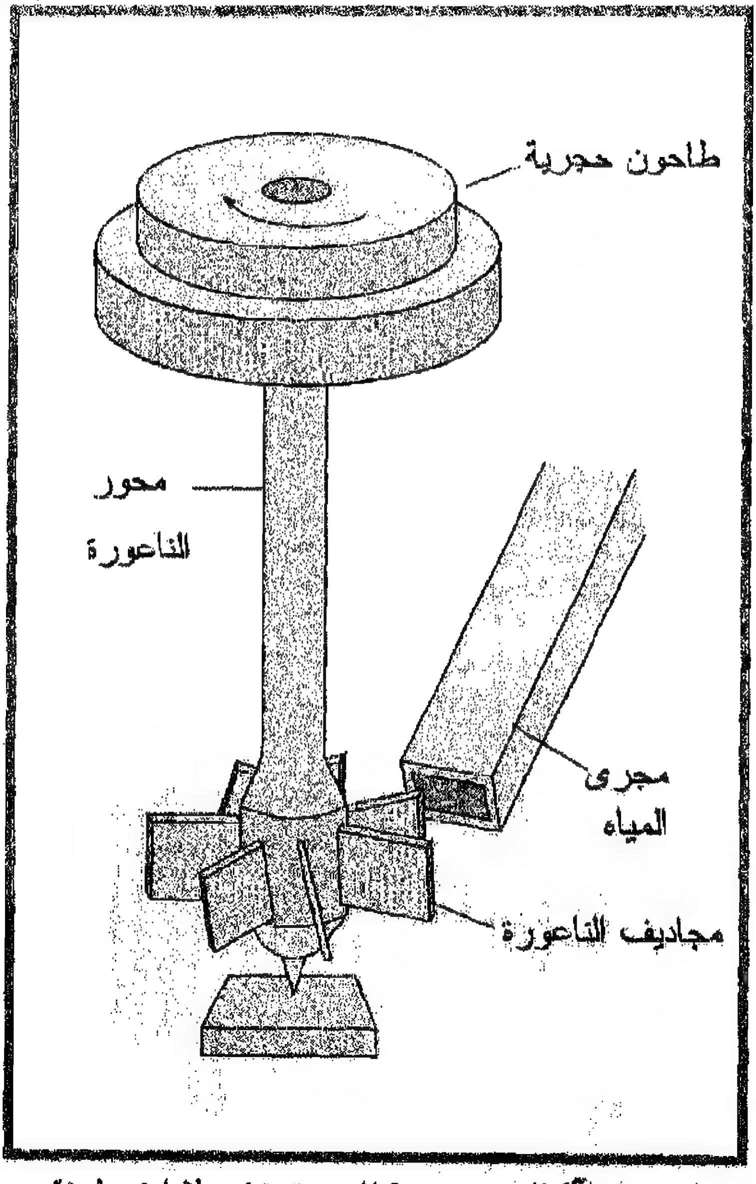
وقبل إنشاء أي ناعورة ووضعها قيد العمل يتم تعيين الموقع الذي ستقام فيه، ثم يصار إلى حجز مياه النهر عن ذلك المكان، ويُبدأ بعدئذٍ بأعمال بناء قواعد الناعورة، ويشمل ذلك كتلتين، الكتلة المثلثة أو "الكفتين" التي ستحمل محور الناعورة وكتلة البرج الذي يحمل الساقية ويتصل بالحجرية المرفوعة على القناطر، ويُترك بين الكتلتين فراغ لنصب الناعورة، يسمى الجزء الأسفل منه "البيب"، ولكي تستمر النواعير بأداء عملها بكفاءة لابد من صيانتها دورياً في فصل الخريف، وذلك بإيقافها مرة كل عامين لإجراء عمليات الترميم والصيانة، وتشتمل على تبديل بعض القطع التالفة منها، مثل الفراشات والصناديق وغيرها وذلك بإقامة سد مؤقت لحجز المياه عنها.

تختلف أقطار النواعير عامة بحسب وظيفتها والغاية منها، وتراوح بين مترين وعشرين متراً، وتعد نواعير حماة في سورية مثالاً لنواعير الري والسقاية، إذ تراوح أقطارها في حماة بين 5 أمتار- 21 متراً وعدد الصناديق التي ترفع الماء بين 50- 120 صندوقاً، وقد يكون لبعض النواعير صناديق إضافية بمعدل صندوق إضافي واحد لكل 6 أو 7 صناديق عادية.

أنواع النواعير:

هنالك نوعان من النواعير هما[1]:

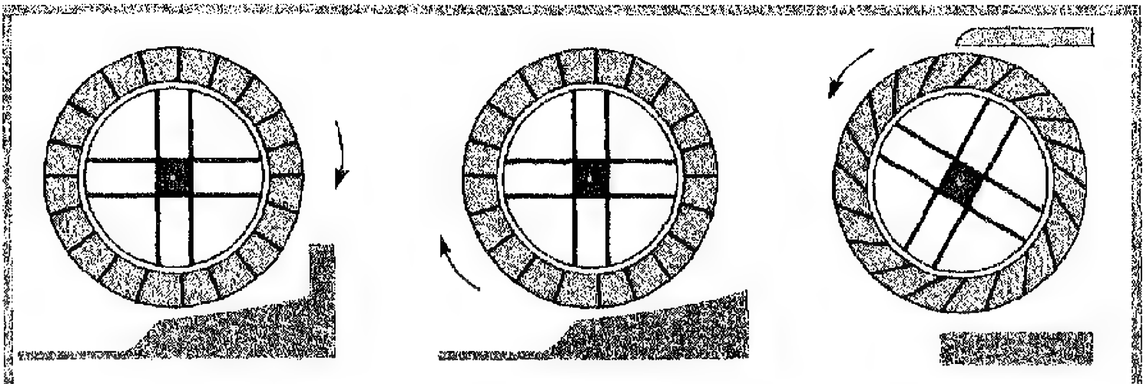
- نواعير عمودية المحور (الشكل 5): تتكون من مجاديف متصلة بمحور خشبي، يعمل تيار الماء على تدوير هذه المجاديف ومن ثم تدوير المحور الذي يقوم مباشرة بتدوير الطواحين الحجرية، يعد هذا النوع شائعاً في نيبال وشمالي الهند.



الشكل (5) ناعورة عمودية المحور تستخدم لإدارة مطحنة

(1) TERRY S. REYNOLDS, Medieval Roots of the Industrial Revolution (Scientific American 1984).

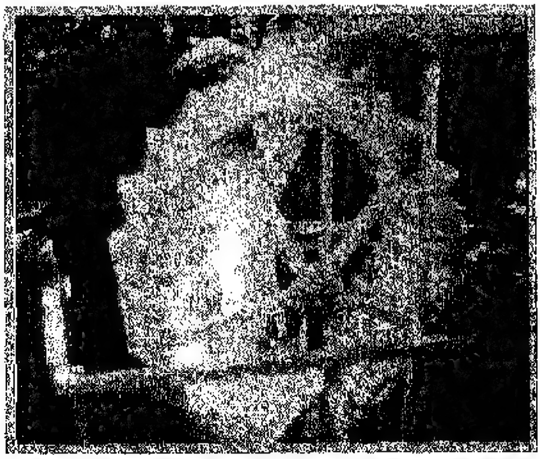
نواعير عمودية أفقية المحور (الشكل 6): تقسم إلى ثلاثة أنواع رئيسة:



الشكل (6) أنواع النواعير الأفقية المحور الثلاثة

1) نواعير تدار بالدفع السفلي (الشكلان 1، 2): وهو التصميم الأقدم للنواعير، إذ تكون مجاديف الناعورة في هذا النوع غالباً مسطحة الشكل، تديرها المياه المتدفقة بسهولة، لا تتجاوز كفاءتها 30٪ حداً أقصى.

تصنف نواعير حماة تحت هذا النوع ويبلغ عددها في مدينة حماة تسع عشرة ناعورة مصنفة في خمس مجموعات هي: البشريات، الجسريات، الكيلانيات، شمال القلعة وباب النهر، وتعد ناعورة المحمدية أكبرها تليها ناعورة المأمورية، تعمل على تزويد البساتين والمساجد والحمامات والمناهل بالمياه اللازمة.



الشكل (7) ناعورة تدار بالدفع العلوي

2) نواعير تدار بالدفع الجانبي: تصطدم المياه فيها بدولاب الناعورة جانبياً وفي منتصفه تقريباً، درجة كفايتها أعلى من نواعير الدفع السفلي.

3) نواعير تدار بالدفع العلوي: تصطدم المياه فيها بدولاب الناعورة بالانصباب من الأعلى، حيث تحمل الصناديق المياه وتفرّغها عند أخفض مستوى ممكن، ويمكن أن تصل درجة كفاية الجيد منها إلى 60٪، تصمم مجاديفها بحيث تكون ملائمة لزاوية سقوط المياه. ويعد القطر الكبير لدولابها من سيئاتها الأساسية (الشكل 7).

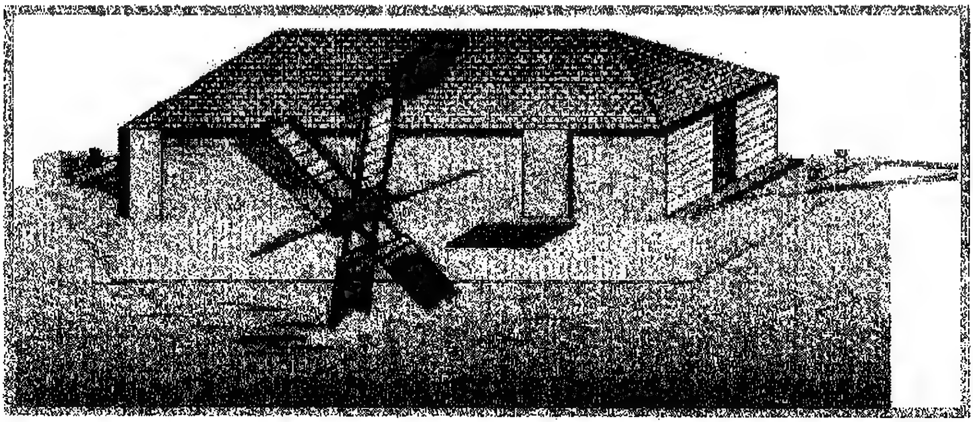
مجالات استخدام النواعير:

1- تستخدم النواعير لرفع المياه إلى الحقول والبساتين والمرافق المختلفة كما هي الحال في نواعير حماة التي تم إنشاؤها في نهر العاصي بسبب الانخفاض الكبير لمجراه عن مستوى الحوض الذي ينساب فيه والذي قد يصل إلى سبعين متراً في بعض الأماكن.

2- الاستفادة من قوتها المحركة في إدارة المطاحن سواء الأفقية منها (الشكل 6)، أم العمودية (الشكل 8).

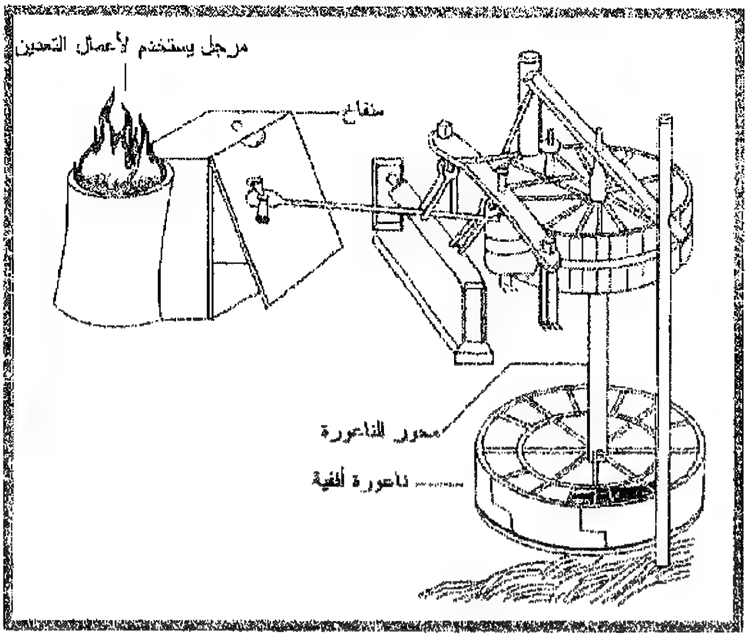
3- استخدامها في عمليات التعدين، وذلك بتزويد المنفاخ بالطاقة المناسبة له بوساطة ناعورة أفقية (الشكل 9).

4- تحويل الحركة الدورانية إلى حركة خطيّة، بوساطة النتوء "الكامة" المتوضع على المحور الدوار لعجلة الناعورة (الشكل 10)[1].

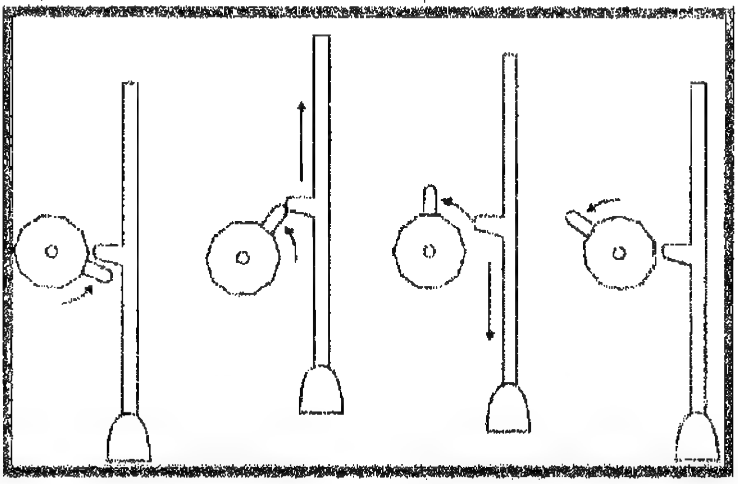


الشكل (8) مطحنة رومانية طافية تدور بوساطة ناعورة عمودية، يعود تصميمها إلى عام 537 بعد الميلاد.

(1) W. DORSET, Unit 12 Riverside Park (Station Rd, British Hydropower Association 2000).



الشكل (9) ناعورة أفقية، كانت تستخدم في الصين لأعمال التعدين في عام 1313 بعد الميلاد.



الشكل (10) تحويل الحركة الدورانية لمحور الناعورة إلى حركة خطية للأعلى والأسفل

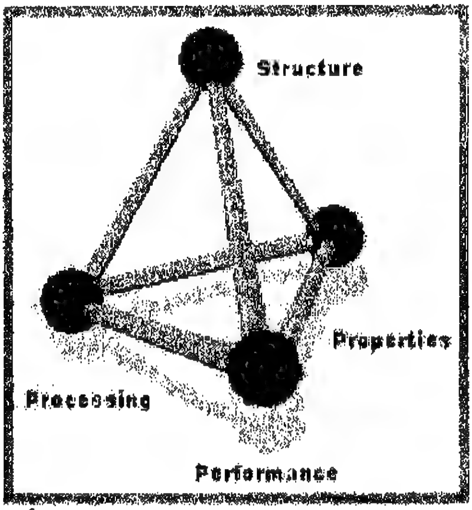
5- إدارة آلات المصانع المختلفة، مثل استخدامها في تقشير الرز وجرش الحبوب المختلفة، إضافة إلى استخدامات صناعية أخرى مثل ندف الصوف وصنع الورق.

6- تؤدي النواعير دوراً أساسياً في الاقتصاد الزراعي إذ تعدّ وسيلة مبتكرة قليلة التكاليف في وسائل الري، ومع أن دورها في هذا المجال قد بدأ يقل تدريجياً بعد استخدام مضخات الماء، فإن أهميتها السياحية لم تنقص بتاتاً، وأفضل مثال عليها نواعير مدينة حماة التي يؤمها السياح للتمتع بمنظرها أو لدراسة حركتها[1].

(1) الموسوعة العربية، رياض بلدية، المجلد الحادي والعشرين، ص104، (بتصرف).

حرف الهاء

هندسة (علم) المواد : Engineering (science) Materials



غالباً ما يتضمن رباعي الوجوه الممثل لعلم المواد توصيفاً للمواد في الوسط

علوم وهندسة المواد هو تخصص متداخل يتضمن دراسة خواص المواد وتطبيقاتها للعلوم والهندسة، تتضمن علوم المواد حقول من الفيزياء التطبيقية والكيمياء، إضافة للهندسة الكيميائية والهندسة الميكانيكية، الهندسة المدنية والهندسة الكهربائية، يتركز الاهتمام الإعلامي حاليا على أحد تطورات علوم المواد وهو التقانة النانوية، ما زالت تدريس هذه العلوم بشكل مستقل في العديد من الجامعات موضع بحث، وتنقسم المواد الهندسية بحسب طبيعتها إلى:

أ) الفلزات وسبائكها.

ب) الخزفيات.

ج) المكوثرات.

تحدد المواد المستخدمة في كل عصر اسمه، مثلاً العصر الحجري، والعصر البرونزي، ويعتبر علم المواد أحد أقدم أشكال الهندسة والعلوم التطبيقية.

تاريخه وتطوره:

برع علماء مسلمون قديماً في هذا العلم وخصوصاً في علم المعادن، ومنهم ابن سينا والذي يعتبر أول من درس وصنّف المعادن، والبيروني مؤلف كتاب "الجماهر في معرفة الجواهر" الذي يتناول علم المعادن، والتيفاشي صاحب كتاب "أزهار الأفكار في جواهر الأحجار" الذي يصف فيه المعادن والأحجار الكريمة، وكذلك ابن الاكفاني مؤلف كتاب "نخب الذخائر في أحوال الجواهر".

وقد تطور علم المواد الحديث من علم الفلزات الذي تطور بدوره من مجال التعدين، وقد حدثت طفرة كبيرة في فهم علوم المواد أثناء القرن التاسع عشر عندما أثبت جوزيه ويلارد قيبس أن الخواص التحريك الحراري للتركيب الذري في مختلف حالات المادة ترتبط بالخواص الفيزيائية للمادة، وقد جاءت الكثير من المواد الجديدة كنتيجة للسباق الفضائي، ومن بينها السبائك المعدنية ومواد الكربون والسيليكون التي تستخدم في بناء مركبات الفضاء، وقد كان علم المواد عاملاً دافعاً لتطوير تقنيات لمواد أحدثت تغيرات ثورية مثل اللدائن وأشباه الموصلات مثل (السيليكون والأنتيمون).

أساسياته:

في علم المواد، بدلاً من البحث بشكل عشوائي عن مواد جديدة ومحاولة استكشاف خواصها، يكون الهدف هو فهم المواد على نحو جوهري حتى يمكن إنشاء مواد جديدة يكون لها الصفات المطلوبة، ويتضمن أساس علم المواد ربط المواصفات المطلوبة والأداء النسبي لإحدى المواد في نطاق تطبيق معين ببنية الذرات وحالات المادة وذلك من خلال عملية التوصيف، أما أهم العوامل المحددة لبنية المادة وبالتالي خواصها فهي العناصر الكيميائية المكونة لها والطريقة التي تم معالجتها من خلالها للوصول إلى الصورة النهائية، وهذه العوامل إذا تم التعامل معها معاً

وربطها بقوانين الديناميكا الحرارية، فهي تحكم الهيكل الدقيق microstructure للمادة وبالتالي خواصها.

عيوب المواد:

هناك مقولة قديمة في علم المواد تقول: المواد مثل البشر، عيوبها هي التي تجعلها مثيرة للاهتمام، وتعد صناعة بلورة بدون عيوب لإحدى المواد حالياً غير ممكنة فيزيائياً، وبدلاً من ذلك يقوم علماء المواد بالتحكم في العيوب الموجودة في المواد المتبلورة، وهذه العيوب مثل الرواسب وحدود الحبيبات grain boundaries والذرات الدخيلة interstitial atoms والفجوات vacancy defect أو الذرات التعويضية substitutional atoms، وذلك من أجل تكوين مواد يكون لها الخواص المطلوبة.

هيكل وبنية المواد:

وليس لجميع المواد هيكل بلوري منتظم، فاللدائن يبدو عليها درجات مختلفة من التبلور، أما الزجاجيات وبعض أنواع الخزفيات والعديد من المواد الطبيعية فهي لا بلورية وليس لديها أي تنظيم طويل المدى في التشكيل الذري، وهذه المواد أصعب كثيراً في معالجتها وتشكيلها أكثر من المواد المتبلورة.

تقسيم المواد:

ويمكن تقسيم المواد إلى ثلاثة أقسام هي: المعادن، اللدائن، الخزفيات والسيراميك، وكل قسم له خواصه الفيزيائية والكيميائية المميزة[1].

(1) ويكيبيديا، الموسوعة الحرة، (بتصرف).

هندسة اتصالات: Communications Engineering

هندسة الاتصالات هي الهندسة التي تتعلق بكل مواضيع الاتصالات الرقمية والتناظرية، وهي تشمل ضمن طياتها الشارات الكهربائية والكهرومغناطيسية، وطرق انتقالها، ومعالجتها.

نظام الاتصال يتكون عادة من مرسل ومستقبل وقناة اتصال، هندسة الاتصالات تدرس هذه المكونات الثلاثة بالتفصيل:

- المرسل: هو الوحدة التي تقوم بأخذ المعلومات وتحضيرها لترسل عبر القناة، وهنا يحدث التضمين modulation.
- القناة: وهو الوسط الذي تنتقل فيه الإشارات والمعلوماتية **(مثل الجو في حالة الإذاعة).**
- المستقبل: وهو وحدة الاستقبال للإشارات، وفيها تتم إزالة المعالجة للإشارات وإظهارها بشكل معلومات من جديد.

الاتصالات ومجالات الهندسة:

تتداخل هندسة الاتصالات في الهندسة مع فروع عديدة أبرزها الهندسة الالكترونية ويمتد نطاق هذا المجال من تصميم الدوائر الأساسية إلى التطورات الإستراتيجية الشاملة، مهندس الاتصالات هو المسؤول عن تصميم معدات الاتصالات السلكية واللاسلكية والمرافق والإشراف على تركيبها، مثل مجمع نظم التحويل الإلكتروني، ومرافق الهاتف النحاسية والألياف البصرية، هندسة الاتصالات تتداخل أيضاً بشكل كبير مع الهندسة الإذاعية.

الاتصالات السلكية واللاسلكية هي مجال هندسي متنوع يشمل الهندسة الالكترونية والمدنية والهيكلية، والهندسة الكهربائية فضلاً عن كونها سفيراً سياسياً واجتماعياً، وتشمل قليلاً من المحاسبة والكثير من إدارة المشروعات، لذا جوهرياً مهندسو الاتصالات مسؤولون عن توفير الطريقة المناسبة للعملاء للحصول

على خدمات الهاتف والانترنت، يستخدم مهندسو الاتصالات مجموعة متنوعة من وسائل الإعلام والمعدات اللازمة المتاحة من العديد من الشركات المصنعة لتصميم البنية التحتية لشبكة الاتصالات.

المواد الأكثر شيوعاً- وغالباً ما يشار إليها بكونها أساس في صناعة الاتصالات، وتستخدم من قبل شركات الاتصالات السلكية واللاسلكية اليوم- هي النحاس والكابلات المحورية والألياف والراديو، غالباً ما يتوقع من مهندسي الاتصالات، مثل معظم المهندسين، تقديم أفضل الحلول الممكنة لأدنى تكلفة للشركة، وهذا يؤدي في كثير من الأحيان إلى حلول خلاقة للمشاكل التي غالباً ما كانت تصمم بشكل مختلف دون قيود الميزانية التي يمليها المجتمع الحديث، في الأيام السابقة من صناعة الاتصالات كميات هائلة من الكابلات التي تم صناعتها لم تستخدم أو قد حلت محلها التكنولوجيا الحديثة مثل كابلات الألياف البصرية، والتقنيات الرقمية المتنوعة.

مهندسو الاتصالات مسؤولون أيضاً عن حفظ سجلات معدات وأجهزة الشركات وتعيين رموز المحاسبة المناسبة لأغراض الضرائب والصيانة، كما أن مهندسي الاتصالات مسؤولون عن الميزانية والإشراف على المشاريع وحفظ سجلات المرافق والمعدات إضافة على ذلك فان مهمة مهندس الاتصالات ليست فقط كمهندس لكن كمساعد محاسبة أو مسؤول عن الحسابات **(إن لم يكن محاسباً)**، وكذلك مدير المشروع.

مهندس معدات الاتصالات:

مهندس معدات الاتصالات هو مهندس الالكترونيات الذي يصمم المعدات مثل أجهزة التوجيه والمحولات وأجهزة الإرسال، وغيرها من المعدات المتخصصة في الكمبيوتر والالكترونيات المصممة لاستخدامها في البنية التحتية لشبكة الاتصالات السلكية واللاسلكية.

مهندس الاتصالات المركزي:

مهندس الاتصالات المركزي مسؤول عن تصميم والإشراف على تنفيذ معدات الاتصالات السلكية واللاسلكية في السنترال المركزي، (كما يشار إليه على أنه تبادل الاتصال أو مركز تجمع الأسلاك)، مهندس الاتصالات المركزي هو المسؤول عن إدماج التقنيات الحديثة في الشبكة القائمة، وتعيين مواقع المعدات في مركز تجمع الأسلاك، وتوفير معدات الطاقة، وضبط وتنبيه وسائل الرصد والتقنيات الرقمية في المعدات الجديدة ما لم تكن هناك المتاحة حالياً بما يكفي لدعم بيسر تركيب المعدات الجديدة، وأخيراً، فإن المهندس المركزي هو المسؤول عن تصميم كيفية توزيع كميات هائلة من الكابلات إلى مختلف المعدات وإطارات الأسلاك في جميع أنحاء السنترال المركزي، والإشراف على التركيب وتحضير جميع المعدات الجديدة اللازمة، كحال مهندسي الإنشاء فان مهندسي الاتصالات المركزين مسؤولون عن التصميم الإنشائي والتسبيب من الاجهادات للمعدات الكهربائية اللازمة وتركيبها فضلا عن وضعها على محطة الكهرباء الموجودة بالسنترال.. أيضا كحال مهندسي الكهرباء فان مهندسي الاتصالات المركزين مسئولون عن تصميم المقاومة والسعة والحث (RCL) لكل محطة طاقةجديدة لضمان الخدمة الهاتفية واضحة ونقية ونظيفة فضلا عن موثوقية خدمة البيانات.

التوهين والحسابات الدقيقة مطلوبة لتحديد طول ومقاس الكابل المطلوب لتقديم الخدمة المطلوبة، وبالإضافة إلى ذلك، متطلبات الطاقة يجب أن تكون محسوبة ومدروسة لإمداد أي معدات الكترونية موضوعة في السنترال المركزي.

وعموماً، شهد مهندسو الاتصالات المركزين تحديات جديدة ناشئة في مجال الاتصالات المركزية، فمع ظهور مراكز البيانات، مرافق بروتوكول الإنترنت ومواقع الراديو الخلوية، وغيرها من بيئات المعدات التكنولوجية الناشئة ضمن شبكات الاتصالات، فانه من المهم أن يتم تنفيذ مجموعة متسقة من الممارسات أو المتطلبات المعترف بها قانونياً، قد ترتبط هذه الخدمات مع تركيب

معدات جديدة أو موسعة، فضلاً عن نقل المعدات الموجودة، يجب النظر في عدة عوامل أخرى مثل:

- اللوائح والسلامة في التثبيت.
- إزالة المواد الخطرة.
- الأدوات التي تستخدم عادة لتنفيذ تركيب ونقل المعدات.

هندسة اجتماعية (أمن) : Social engineering (security)

الهندسة الاجتماعية هي عبارة عن مجموعة من التقنيات المستخدمة لجعل الناس يقومون بعمل ما أو يفضون بمعلومات سرية، تستخدم الهندسة الاجتماعية أحياناً ضمن احتيال الإنترنت لتحقيق الغرض المنشود من الضحية، حيث أن الهدف الأساسي للهندسة الاجتماعية هو طرح أسئلة بسيطة أو تافهة (عن طريق الهاتف أو البريد الإلكتروني مع انتحال شخصية ذي سلطة أو ذات عمل يسمح له بطرح هكذا أسئلة دون إثارة الشبهات)(1).

أشهر المهندسين الاجتماعيين:

من بين المهندسين الاجتماعيين المشهورين فرانك أباغنال (Frank Abagnale)، دايفيد بانون (David Bannon)، خالد الفيومي (Khaled Alfaiomi)، بيتر فوستر (Peter Foster) وديفيد كينيدي (David Kennedy) وهو من أنشأ ما يعرف (Social-Engineering Toolkit (SET))(2).

هندسة إسقاطية : Projective geometry

الهندسة الإسقاطية في فرع من فروع الرياضيات الذي يهتم بدراسة الخصائص الهندسية المتغيرة مع التحويلات المنظورية، بشكل شبيه للهندسة الأفينية

---

(1) http://www.symantec.com/connect/articles/social-engineering-fundamentals-part-i-hacker-tactics

(2) ويكيبيديا، الموسوعة الحرة، (بتصرف).

والهندسة الإقليدية، من الممكن تطوير الهندسة الإسقاطية من برنامج إيرلانغين، حيث تكون متحولة بالنسبة للتحويلات.

تم تطوير الهندسة الإسقاطية على أيدي جيرار ديسارغو وآخرين الذين قاموا بوضع مبادئ المنظور[1].

هندسة أفينية : Engineering Avanah

في الهندسة الرياضية، الهندسة الأفينية هي الهندسة الرياضية التي تشغل مكاناً متوسطاً بين الهندسة الاقليدية والهندسة الإسقاطية، هي هندسة الفضاء الأفيني ذو n بعد على الحقل.

يمكن شرح الهندسة الأفينية على أنها هندسة المتجهات دون أي تدخل لطول وزوايا في عملية توصيفها[2].

هندسة أقليدية : Euclidean geometry

الهندسة الإقليدية تدرس الأشكال وتخضع لمجموعة من المسلمات وضعها إقليدس في كتابه العناصر وهي الهندسة التي تدرس في المدارس والثانويات.

الهندسة الإقليدية لا تستعمل سوى المسطرة والفرجار لإنشاء الأشكال وهذا أدى إلى ظهور مسائل هندسية لم يتم حلها إلا في القرن 19 وهذه المسائل هي:

1- تقسيم زاوية إلى ثلاثة أقسام متساوية.

2- إنشاء مكعب حجمه ضعف حجم مكعب معلوم.

3- إنشاء مربع مساحته تساوي مساحة دائرة معينة.

وهذه المسائل يستحيل حلها باستعمال المسطرة والفرجار فقط.

---

(1) المصدر السابق.

(2) المصدر السابق.

العناصر الهندسية:

◆ النقطة:

النقطة لا حاجة لتعريفها بواسطة مصطلحات وإنما يمكن تعريفها بواسطة بديهية معينة ، كما يمكن تعريفها على أنها كل ما ليس له جزء أو كل ما يمكن إهمال أبعاده الثلاثة ويعبر عنها هندسياً بالأثر الذي يتركه القلم عند الضغط عليه بدون تحريكه.

◆ المستقيم:

خط يمكن رسمه بالمسطرة وأقصر مسافة بين نقطتين هو مسار مستقيم، ويتكون من ما لانهاية من النقاط.

◆ القطعة:

خط مستقيم له نقطة بداية وله نقطة نهاية.

◆ نصف مستقيم:

يطلق عليه أيضاً اسم "الشعاع" وهو جزء من مستقيم محدد بنقطة تسمى أصل نصف المستقيم، له بداية وليس له نهاية ويتكون من عدد غير نهائي من النقاط.

◆ الدائرة:

وهي مجموعة نقاط تبعد نفس البعد عن نقطة معينة في نفس المستوي، وهذه النقطة المعينة تدعى مركز الدائرة، والبعد الثابت يدعى نصف قطر الدائرة.

◆ مسلمات إقليدس:

1- من نقطتين يمر مستقيم وحيد.
2- المستقيم لا نهاية له أي يمكن تمديد المستقيم من الجهتين إلى ما لانهاية.
3- من نقطة معينة ومن مجال أو قطعة ما هناك قوس دائرة وحيد.
4- كل الزوايا المستقيمة متساوية فيما بينها.
5- لا يمر من نقطة سوى مستقيم وحيد موازي لمستقيم معلوم.

إنشاءات هندسية:

بواسطة المسطرة والفرجار يمكن إنشاء ما يلي:

1- مستقيمين متوازيين.
2- مستقيمين متعامدين.
3- منصف زاوية.
4- واسط قطعة.
5- دائرة.
6- قطعة طولها جداء طول قطعتين.
7- قطعة طولها خارج قسمة طول قطعتين.
8- قطعة طولها جذر مربع طول قطعة معينة.
9- زاويتان متساويتان[1].

هندسة الأعداد: Engineering numbers

في نظرية الأعداد، يطلق مصطلح هندسة الأعداد على الطرق التي ظهرت نتيجة أعمال هيرمان مينكوفسكي في وصف العلاقة بين المجموعات المحدبة والمشبك في الفضاء الرياضي ذو n بعد.

تضع نظرية مينكوفسكي العلاقة بين المجموعات المحدبة المتناظرة وبين نقاط الأعداد الصحية، أو بين أي نقطة في المشبك وبين فضاء باناخ في الفضاء البعدي[2].

هندسة الإلكترونيات: Electronics Engineering

هندسة الإلكترونيات، يطلق عليها أحياناً الهندسة الإلكترونية هو المنهج الذي يهتم بدراسة سلوك وتأثير الالكترونات والأجهزة، المعدات والأنظمة

(1) المصدر السابق.

(2) ويكيبيديا، مصدر سابق، (بتصرف).

الإلكترونية، تعتمد بعض الجامعات العالمية كما في الولايات المتحدة الأمريكية الهندسة الكهربائية بشكل عام لجميع الفروع بما في ذلك الإلكترونيات.

تاريخ:

بدأت فكرة تكريس علم الإلكترونيات كمجال له أهمية لا تقل عن باقي العلوم مع انتشار تطبيقاتها في الراديو والتلفاز أثناء الحرب العالمية الثانية وكان مصطلح هندسة الراديو متداولاً آنذاك، أخذت هندسة الإلكترونيات استقلاليتها عن هندسة الكهرباء بداية في المملكة المتحدة عام 1960م، توجد في الوقت الحاضر جامعات في بلدان عربية تدعم كلا النظامين كما في مصر، العراق، سوريا، اليمن، وليبيا.

علم الالكترونيات:

يهتم علم الالكترونيات بدراسة المكونات الأساسية في الدوائر الكهربائية مثل المقاومات، الملفات، والمكثفات بالإضافة إلى العناصر الإلكترونية المبنية من أشباه الموصلات مثل الثنائي، الترانزستور، المقداح، مكبر العمليات والدوائر المتكاملة، كما يركز هذا العلم أيضاً على النظم الخطية وبناء أجهزة دقيقة تتعامل مع هذا النظم كما في الأجهزة الدقيقة من مقاييس ضغط، حرارة، رطوبة، إشعاع وغيرها، كما أن تطبيقات الإلكترونيات تكاد لا يخلو منها أي علم آخر من ميكانيكا، طب، حاسوب، غيره.

مجالات الهندسة الالكترونية:

يدخل علم الإلكترونيات بشكل خاص في مجالات الهندسة الكهربائية الميكاترونك، سواء كانت هندسة الإلكترونيات مستقلة عن الهندسة الكهربائية أم لا فإن المجالات الآتية تشكل أبرزها:

- هندسة الاتصالات: دراسة وهندسة الاتصالات الهاتفية بنوعيها الثابت والجوال وأنظمة الاتصالات والشبكات المختلفة والإنترنت.

- الراديو والتلفزيون: تطبيقات الكاميرا، الراديو، التلفاز والساتل.
- معالجة الإشارة: دراسة الإشارات، خواصها، معالجتها كما في معالجة الصوت والصورة.
- هندسة الأجهزة الدقيقة: المعدات الطبية والصناعية الدقيقة، أجهزة القياس والتحكم.
- هندسة التحكم: يرتبط هذا الفرع ارتباطاً وثيقاً بكل من معالجة الإشارة والأجهزة الدقيقة.
- هندسة الحاسوب: تطوير، تصميم، برمجة، وصيانة الحواسيب[1].

هندسة الإنتاج: Production Engineering

هندسة الإنتاج هو العلم المعني بأساليب التصميم والتخطيط والتصنيع والتجميع والاختبار والتطوير لأجزاء المنتجات وتقنياتها والمنظومات الصناعية المختلفة.

ويعطى هذا التخصص الهندسي مسميات عدة كهندسة الدقة كما في اليابان وهندسة التصنيع أو الهندسة الصناعية في الولايات المتحدة.

تعتبر الهندسة الإنتاجية الركيزة الأساسية في أي تقدم ورخاء حضاري وصناعي في المجتمع، فتقوم على أساسه صروح الصناعة مثل الصناعات الأساسية كصناعة الحديد والصلب، والصناعات التحويلية كصناعة آلات الورش، والصناعات الهندسية كصناعة المركبات، والصناعات المغذية كصناعة المحركات، والصناعات الاستهلاكية كصناعة الثلاجات، والصناعات الدقيقة كصناعة الساعات، وغيرها من الصناعات ذات التحدي الكبير والتي لا يستغني عنها المجتمع.

(1) المصدر السابق، (بتصرف).

مراحل الإنتاج:

- التصميم- التخطيط والإدارة- التصنيع- التجميع- ضبط الجودة.

مجالات هندسة الإنتاج:

- التشكيل- التشغيل- اللحام- القياسات- الجودة- التكاليف الهندسية- نظم وإدارة الإنتاج(1).

هندسة الإنشاءات: Structural engineering

هندسة الإنشاءات Structural engineering هي مجال هندسي يتعامل مع تصميم المنشآت التي تدعم أو تقاوم الأحمال، وعادة ما تعتبر هندسة الإنشاءات تخصصاً داخل الهندسة المدنية، إلا أنه يمكن دراستها على حدة، تعنى بدراسة التحليلات النظرية والتصاميم لكافة أنواع المنشآت وتطبيقاتها آخذين بنظر الاعتبار كافة التأثيرات الاستاتيكية والديناميكية وعلاقتها بكافة تأثيرات البيئة من رياح وزلازل وظروف الطقس المختلفة.

التصميم:

هو أهم القواعد التي يرتكز عليها في أي مشروع وحتى تكون الأبنية آمنة يتم إدخال عوامل أمان كثيرة أثناء التصميم لأي منشأ مثل تصعيد الحمولات المطبقة على المنشأ وهي طريقة من طرق التصميم تسمى الطريقة الحدية **(تصعيد الحمولات)** حيث يتم ضرب قيم الحمولات بعوامل أمان كثيرة مثل مضاعفتها مرة أو اثنتين ومن ثم تصميم المنشأ على هذا الأساس، وذلك بأقل تكلفة ممكنة تناسب هذه العوامل، كما تختلف نسبة عوامل الأمان باختلاف أهمية المنشأ ومكان تنفيذه والغرض منه ومدة الخدمة المطلوبة وغيرها من العوامل فعلى سبيل المثال، إقامة منشأ في البحر تختلف من ناحية المواد والتصميم عن منشأ في الصحراء(2).

---

(1) المصدر السابق.

(2) المصدر السابق، (بتصرف).

هندسة البرمجيات: Software engineering

هندسة البرمجيات Software engineering هي مهنة تهتم بتطوير وتصميم البرمجيات عالية الجودة آخذة بعين الاعتبار تخصيصات المستخدم ومتطلباته على جميع المستويات، تهتم هندسة البرمجيات بتكوين البرنامج منذ مراحله الأولى أثناء تحليل المشكلة ومن ثم التصميم وكتابة البرنامج حتى القيام بتجريبه واختباره وتنصيبه على الأجهزة والقيام بعملية صيانته.

تاريخ هندسة البرمجيات:

استخدمت هندسة البرمجيات كمفهوم نظري من حين لآخر في أواخر الخمسينات وبداية الستينات من القرن الماضي، أما الاستخدام الرسمي الأول لهذا المصطلح فكان في مؤتمر عقد من قبل اللجنة العلمية في منظمة حلف شمال الأطلسي 1968 حول البرمجيات، وقد أخذ هذا المصطلح بالانتشار منذ ذلك الحين ولاقى اهتماماً متزايداً في نواح مختلفة، عقد المؤتمر لمعالجة ما يعرف "أزمة البرمجيات" والتي ظهرت بسبب عدم استخدام منهجية في التفكير Software Development Process عند بناء البرمجيات، مما أدى إلى ظهور أخطاء كثيرة خلال عملية بناء وصيانة البرمجيات، وبالتالي أصبحت البرمجيات تحتاج إلى وقت كبير لتطويرها ولصيانتها، وكلفة مالية عالية أكثر مما هو مخمن لها، وبعد تحمل التأخر في الوقت وتجاوز الميزانية كانت البرمجيات ذات كفاءة ضعيفة في إنجاز الوظائف المطلوبة، وقلة في الفعالية كذلك بعدم تلبية كافة المتطلبات بالشكل الكامل والصحيح.

مفهوم هندسة البرمجيات:

البرمجية Software شيء غير ملموس إلى حد ما بالمقارنة مع المنتجات الأخرى، وهي سلسلة من آلاف أو ملايين الأوامر التي تطلب من الحاسوب إجراء عمليات معينة مثل عرض المعلومات، أو إجراء الحسابات، أو تخزين البيانات، هذه

البرمجيات هي بمثابة الروح من الجسد في النظام الحاسوبي وهي في توسع دائم وازدياد في التعقيد والمتطلبات والمهام التي تقوم بتنفيذها، أما هندسة البرمجيات فهي فرع من فروع الهندسة يقوم على مجموعة أسس وقواعد تهدف إلى تصميم وتطوير البرامج بوفرة ونوعية عالية تلبي احتياجات المستخدمين، هذا الفرع من الهندسة يتميز بأنه لا يحتاج إلى رأس مال كبير وبالتالي الخسارة فيه قليلة على عكس بقية الفروع الأخرى من الهندسة، كما لا يكفي لإيجاد البرمجية المتكاملة والجيدة عمل شخص واحد وإنما يتطلب ذلك فريقاً من المهندسين الجيدين، وقد كان ضرورياً إيجاد علم يعنى بهندسة البرمجيات لوضع الأسس والمعايير التي تصون هذه المهنة من المتطفلين بحيث يصبح بالإمكان تمييز البرنامج الجيد من غير الجيد.

مراحل بناء النظام البرمجي:

في هندسة البرمجيات، بناء النظام البرمجي ليس مجرد كتابة شفرة، وإنما هي عملية إنتاجية لها عدة مراحل أساسية وضرورية للحصول على المنتج- وهو البرنامج- بأقل كلفة ممكنة وأفضل أداء محتمل، يطلق على هذه المراحل اسم دورة حياة النظام البرمجي Software Lifecycle، التي قد يبدو بعضها ليس له علاقة بالبرمجة، وهناك الكثير من التصورات والنماذج في هندسة البرمجيات تصف عملية إنتاج برنامج والخطوات اللازمة لذلك، كما أن هذه الدورة خاضعة للتطوير دائماً، حيث بالإضافة للدورات الكلاسيكية، ظهر مفهوم المنظومة المرنة Agile Process والتي تتخلى عن النموذج الثابت للمنظومة الكلاسيكية في سبيل المزيد من حرية الحركة للمشروع.

وفيما يلي عرض لإحدى أشهر دورات حياة النظام البرمجي الكلاسيكية وهي دورة الشلال (Waterfall Model):

- **كتابة وثيقة الشروط الخارجية والداخلية:**

وثيقة الشروط الخارجية يتم أخذها من الزبون، تحتوي الوثيقة على متطلبات الزبون في ما يخص مواصفات البرنامج الذي يجب إنشاؤه، ثم يتم تحليل

المتطلبات بشكل أولي ثم كتابة وثيقة شروط داخلية تحتوي على تفسير المواصفات التي يريدها الزبون بدقة أكبر، وبطريقة تتماشى مع مصطلحات المبرمجين، قد تكون طلبات الزبون متعارضة وفي هذه الحالة يتم الرجوع إليه لتنقيح وثيقة الشروط، ثم يتم تحديد عدد الساعات اللازمة للعمل وحساب التكلفة.

- **التحليل:**

في هذه العملية تجمع المعلومات بدقة ثم تحدد المتطلبات والمهام التي سيقوم بها البرنامج، وتوصف هذه المهام بدقة تامة، كما تدرس الجدوى المرجوة من البرنامج، فالمستخدم مثلاً يضع تصوراً للبرنامج ليقوم بعمليات معينة، ومهمة مهندس البرمجيات في هذه المرحلة هي استخلاص هذه الأفكار وتحديدها، لذلك فهي تتطلب مهارة عالية في التعامل مع الزبائن، وقدرة على التحليل الصحيح، ينتج في نهاية هذه المرحلة وثيقة تدعى جدول الشروط والمواصفات ديناميكاميد.

- **التصميم:**

في هذه المرحلة، تقسم البرمجية إلى كتل وتعرف العلاقات بين هذه الكتل ثم توضع الخوارزميات الملائمة لكل كتلة، في نهاية هذه العملية تكون البرمجية جاهزة لعملية الترميز، كما يتم اختيار لغة أو لغات البرمجة الملائمة لهذا البرنامج.

- **الترميز:**

تحول الخوارزميات السابقة إلى إحدى اللغات البرمجية، والتأكد من صحتها لكل كتلة من الكتل، ثم تحول إلى لغة الآلة التي يتعامل بها جهاز الحاسب فقط.

- **الاختبار والتكاملية:**

تجمع الكتل مع بعضها ويختبر النظام للتأكد من موافقته لجدول الشروط والمواصفات، وخاصة إذا كانت الكتل قد كتبت من قبل عدة أعضاء في الفريق.

- **التوثيق:**

وهي مرحلة هامة من مراحل بناء النظام البرمجي حيث يتم توثيق البناء الداخلي للبرنامج، وذلك بغرض الصيانة والتطوير، يفضل عادة أن يترافق التوثيق مع

كل مرحلة من المراحل السابقة واللاحقة، وأن يكون هناك فريق خاص يهتم بعملية التوثيق لجميع المشاكل والحلول التي يمكن أن تظهر أثناء بناء البرمجية، وبدون التوثيق قد يصل مصنع البرمجية إلى مرحلة لا يعود بعدها قادراً على متابعة صيانتها وتطويرها، مما يزيد الكلفة المادية والزمنية الخاصة بهذه البرمجية إلى حدود غير متوقعة، أو بمعنى آخر الفشل في بناء برمجية ذات جودة عالية ودورة حياة طويلة، وهناك أكثر من طريقة للتوثيق:

- توثيق المبرمج وهو ممكن أن يكون بإضافة تعليقات داخل الشفرة البرمجية.
- توثيق المحلل بكتابة مستندات شرح لدورة البرنامج المستندية وخلافه.
- توثيق مختبر النظام وفيها يتم تسجيل نقاط الخلل في البرنامج، .. الخ.

- **الصيانة والتطوير:**

إن هذه المرحلة هي المرحلة الأطول في حياة النظام البرمجي لبقاء النظام قادراً على مواكبة التطورات والمعدات الحديثة، جزء من هذه المرحلة يكون في تصحيح الأخطاء، والجزء الآخر يكون في التطوير وإضافة تقنيات جديدة، إن هذه الخطوات كما نلاحظ مشابهة لخطوات الإنتاج في الهندسيات الأخرى.

الفرق بين البرمجة وهندسة البرمجيات:

البرمجة هي كتابة الكود، يعتبرها البعض أهم عملية في بناء البرامج، لا تهتم البرمجة بأمور كالجدوى من البرنامج، أو إمكانية قبول المستخدم له، أو حتى قابلية تطويره، في حين أن هندسة البرمجيات تعمل على بناء النظام البرمجي كمشروع متكامل، وتدرسه من كافة الجوانب: البناء البرمجي، الدعم الفني والصيانة، التسويق والمبيعات، التطوير والتدريب على استخدامه، وبذلك يمكنها بناء الأنظمة الكبيرة لاستخدامها نظام فريق العمل في حين أن البرمجة الفردية تعجز عن ذلك.

المجالات المختلفة التي لها علاقة بهندسة البرمجيات:

- ❖ الرياضيات: يحتوى أغلب البرنامج على عناصر رياضيات مثل (algorithms) لذلك فإن مطوري هذا النوع من البرامج يكونون على اطلاع بالعديد من النواحي الرياضية.
- ❖ العلوم: البرنامج له مواصفات علمية قياسية عديدة، مثل: الأداء وحجم البرنامج وتنوع الأحمال network speed المعادلات الرياضية، الطرق الحديثة لقواعد البيانات.
- ❖ الهندسة.
- ❖ التصنيع: البرامج عبارة عن مجموعة من الخطوات، كل خطوة يتم تحديدها وتنفذ بدقة، مثل الكثير من الصناعات، لتحسين وتطوير خطوط الإنتاج والوصول إلى مستوى الجودة المطلوب.
- ❖ إدارة المشروعات: سواء كان تجارياً أو غير تجاري فإنه يحتاج إلى إدارة، مثل: جدول زمني وتكلفة تخصص له عوامل بشرية للإدارة ومصادر مثل مكتب وأجهزة كمبيوتر[1].

الهيئات والمنظمات ودور النشر:

❖ **المؤتمرات:**

- أكبر وأقدم مؤتمر لهندسة البرمجيات يعقد كل عام ICSE) International (Conference on Software Engineering
- أول مؤتمر كان عام COMPSAC 1977

The Annual International Computer Software and Applications Conference

- ESEC The European Software Engineering Conference

(1) المصدر السابق.

- FSE The Foundations of Software Engineering مؤتمر يعقد كل عام في أوروبا وشمال أمريكا.
- CUSEC Canadian University Software Engineering Conference
- SEPG The annual Software Engineering Process Group
- INFORMATICS-INFORMATIQUE
- ICALEPS International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems
- APSEC Asia Pacific Software Engineering Conference
- UYMS National Software Engineering Symposium (in Turkish: Ulusal Yazilim Muhendisligi Sempozyumu).

❖ المنظمات:

- Association for Computing Machinery (ACM)
- Australian Computer Society (ACS)
- British Computer Society (BCS)
- Canadian Information Processing Society (CIPS) - Information Systems Professional certification.

*** IEEE Computer Society**

- Lero, the Irish Software Engineering Research Centre
- Russian Software Developers Association (RUSSOFT)
- Software Engineering Institute (SEI)
- Software Industry Professionals
- The Safety and Reliability Society
- Software Engineering Competence Center
- Software Process Reengineering and Improvement Campus - SPRIC
- International Journal for Software Engineers

❖ دور النشر: **edit Publications**

- Important publications in software engineering
- CrossTalk: The Journal of Defense Software Engineering.

هندسة التحكم : Engineering Control

هندسة التحكم هي إحدى فروع الهندسة المبنية على النماذج الرياضية للظواهر المتعددة وتحليل الأداء الديناميكى لهذه الظواهر باستخدام نظرية التحكم لخلق متحكمات قادرة على جعل هذه الأنظمة تعمل بطريقة معينة.

للحصول على نظم التحكم، يتم استخدام تطبيقات الدوائر الكهربية ومعالجات الإشارات الرقمية والمتحكمات الصغيرة، بالإضافة إلى أجهزة الاستشعار والأجهزة المتعلقة بتنفيذ عملية التحكم.

يوجد لهندسة التحكم الكثير من التطبيقات بدءاً من علوم الطيران إلى نظم تحكم الرحلة الموجودة بالكثير من السيارات الحديثة[1].

هندسة التربة: Soil Engineering

إن الممارسة الهندسية التي تطبق مبادئ ميكانيك التربة على تصميم المنشآت الهندسية تدعى بهندسة التربة التي تعتمد لاختيار نوع الأساسات وطريقة تنفيذها على دراسة المسائل الآتية:

- الضغوط والإجهادات التحى تنقلها الأساسات.
- عمق التأسيس المقترح وإمكان الاستناد إلى التربة السطحية.
- الهبوطات المسموحة في المنشآت.
- ضرورة تدعيم الحفريات أثناء الإنشاء.
- تخفيض منسوب المياه الجوفية لتنفيذ أعمال الحفر والأساسات وخطره على الأبنية المجاورة.
- معالجة تربة التأسيس وتحسين خواصها.
- تعويم المنشأة واستعمال أساسات عائمة بزيادة عمق التأسيس بحيث يكون وزن التربة المزاحة معادلاً لوزن المنشأ.

---

(1) المصدر السابق.

- استعمال الأوتاد أو الركائز أو القيسونات وتحديد عمق استنادها أو غرسها ونوعها والحمولة القصوى المسموحة للوتد.

وللحدس الهندسي دور مهم في ممارسة هندسة الأساسات، ويتطلب ذلك من مهندس الأساسات الحصول على مقطع للموقع ومعطيات عن خواص التربة ومعلومات جيولوجية كافية للتوصل إلى قرار عملي واقتصادي وأمين.

في حالات إنشاءات الجدران الحاملة من طابق واحد وحين تكون التربة متجانسة نسبياً فقد تكفي معلومات من مقاطع 4- 5 سبور استطلاعية غير عميقة، بينما لبناء من 10 طوابق فإنه يتوجب أن تكون المعلومات اللازمة أكبر، عندما تكون المنشأة المعنية هي مبنى من 100 طابق فإن المعلومات اللازمة حينئذ ستكون كبيرة وقد يكلف الحصول عليها من 0.5 إلى 1 بالمائة من تكاليف الإنشاء الإجمالية، من المفيد لمهندس الأساسات أن يطلع على توصيات وتصاميم مشروعات سابقة في موقع قريب من موقع المشروع المدروس.

التصدعات الناشئة عن الهبوطات التفاضلية في التربة:

يمكن تصنيف تشققات عناصر المنشآت الناتجة عن الهبوطات التفاضلية إلى:

- تشققات معمارية تظهر في الجدران غير الحاملة والأرضيات والدهان.
- تشققات إنشائية تظهر في العناصر الإنشائية الحاملة كالجسور والأعمدة.

يحدث الهبوط التفاضلي نتيجة لأسباب كثيرة منها:

- اختلاف تربة التأسيس.
- اختلاف الإجهادات المطبقة على الأساسات.
- اختلاف زمن تنفيذ أجزاء المنشأة.
- اختلاف شروط تحميل التربة.
- اختلاف منسوب المياه الجوفية أو اختلاف ترطيب التربة تحت قواعد الأساسات المختلفة.

إن الترب الحاوية على معادن المونتموريللونيت والكاولين الحساس للمياه هي ترب قابلة للانتفاخ عند زيادة رطوبتها، وتظهر فعالية الانتفاخ حين تكون نسبة المواد الناعمة (المارة من المنخل رقم 200) أكثر من نصف الوزن، وعند تناوب فترات زمنية طويلة من الرطوبة والجفاف وحين تكون ثخانة طبقة التربة القابلة للانتفاخ كافية لتتولد داخلها إجهادات وتشوهات محسوسة، وتكون درجة الانتفاخ عالية جداً عندما يكون تغير الحجم من الجاف إلى المشبع أكبر من 30٪، وحيثما يتوضع البازلت تتشكل بفعل عوامل التعرية ترب غضارية قابلة للانتفاخ.

المعلومات المطلوبة لدراسة تربة تحت منشأة:

يجب التعرف على التربة ووصفها واختبارها في الحقل واستخراج عينات منها لدراسة خواصها الفيزيائية والميكانيكية في المخبر ولتحديد قدرة تحملها المسموحة ومقدار الهبوط المتوقع حصوله فيها تحت قواعد الأساسات، بحيث يمكن تصميم أساسات اقتصادية وآمنة في مدة استثمار المنشأة.

أعمال السبور وتحديد عددها وأعماقها: تستكشف القاعدة الترابية الحاملة للمنشأة لتحديد طبقات التربة وطبقة التأسيس المناسبة ومنسوب المياه الجوفية وتأثيرها في قواعد الأساسات، ودراسة تأثير أساسات المنشأة المطلوبة أو طريقة تنفيذها على المباني المجاورة وطريقة حماية هذه المباني إذا لزم الأمر.

تتم أعمال التحريات الحقلية غالباً بآلات السبر الدورانية، أو بوساطة حفر الاختبار trial pits حين لا يسمح الموقع بالسبر الآلي، ويرافق ذلك ما يلزم من تجارب بسيطة للتعرف على أنواع الترب مع إجراء بعض التجارب الحقلية.

إن هدف أي برنامج تحريات للتربة هو معرفة طبيعة طبقات التربة التحتية التي تؤثر في المنشأة المراد إقامتها، وذلك كما يأتي:

- تحديد ثخانات الطبقات التحتية للتربة أو الصخر وطبيعتها.
- تحديد منسوب المياه الجوفية المؤثرة على المنشأة.

- تحديد المشكلات الجيولوجية، مثل الفوالق، أو الطبوغرافية، مثل المنحدرات غير المستقرة، أو المشكلات الخاصة، مثل انتفاخ التربة أو تقلصها، وتحديد تأثير الزلازل والحمولات الديناميكية.
- أخذ عينات من التربة من أجل الوصف العيني لها وإجراء اختبارات حقلية ومخبرية لتحديد الخصائص الهندسية لها.
- تحديد منسوب التأسيس لأنواع الأساسات المحتملة.
- تحديد قدرة تحمل التربة.
- تحديد نوع الأساسات وطريقة تنفيذها.

يحدد عدد السبور لتتم تغطية مساحة موقع البناء بكاملها على أن لا يزيد التباعد بينها على 15م ولا يقل عدد السبور عن 3 سبور وأن لا تقع على استقامة واحدة، وتحدد أعماق السبور ابتداء من منسوب التأسيس المتوقع على أن لا يقل عن ضعف عرض أكبر الأساسات المستمرة أو المنفردة، ولا يقل عن عرض الحصيرة العامة.

تدرس في بعض الحالات تربة تأسيس الأبنية القائمة اعتماداً على حُفَر اختبار تنفّذ في الأقبية أو في الوجائب، على أن يصل عمقها حتى الطبقة التي وُضعت الأساسات فوقها.

في حال التأسيس فوق طبقات صخرية يجب التأكد من استمراريتها وتجانس خواصها ومن عدم وجود فجوات أو كهوف فيها.

التجارب الحقلية: بسبب صعوبة أخذ عينات للترب حقلياً لاختبارها فقد طورت طرائق الاختبار الحقلية (في الموقع)، إن التجارب الحقلية ذات فائدة كبيرة لتقدير مقاومة التربة وحساسيتها، إضافة إلى أنها تمكننا من تقدير الحاجة لزيادة عدد السبور وأعماقها، وأهم هذه التجارب الحقلية هي الآتية:

أ- تجربة الاختراق النظامية standard penetration test: يجرى في هذه التجربة تحديد عدد الضربات اللازمة لتخترق آخذة عينات التربة مسافة 30 سم، وتنجز هذه التجربة بجهاز السبر ذاته حيث تستعمل مطرقة بوزن 63.5

كغم تسقط من ارتفاع 76 سم ويمكن من نتائج هذه التجربة ومن علاقات خاصة تقدير كثافة التربة النسبية وزاوية احتكاكها الداخلي ووزنها الحجمي وذلك بالنسبة للترب الرملية، كما يمكن تقدير قوة الانضغاط غير المحصور qu وكثافة التربة بالنسبة للترب الغضارية المتماسكة cohesive soils، ومنها تحسب قدرة تحمل هذه التربة.

ب- تجربة التحميل بالصفيحة plate-load testing: ويتم بهذه التجربة محاكاة تحميل قواعد الأساسات، وذلك باستعمال صفيحة بقطر 30 سم تطبق فوقها حمولات متزايدة ويقاس الهبوط الحاصل تحتها من تأثير هذه الحمولات، وتستمر هذه التجربة إلى أن يحصل هبوط قدره 25 ملم، وبرسم منحني الهبوط- لوغاريتم الزمن يمكننا منه تحديد الهبوط الأعظمي من زيادة حمولة معينة، وبرسم منحني الحمولة- الهبوط يمكننا تقدير ضغط التصميم الأعظمي وعامل مرونة التربة.

ج- تجربة القص بالمروحة vane-shear testing: ويتم في هذه التجربة غرس مروحة عيارية ضمن الترب المتماسكة إلى عمق محدد ويتم تدويرها لقص أسطوانة من التربة حولها ويقاس العزم اللازم لذلك، إذ يمكن أن نستخرج قوة القص المغلقة للتربة.

د- تجربة الضغط بالبالون borehole pressuremeter testing: تعتمد هذه التجربة على مبدأ توسيع أسطوانة ضمن جذع سبر محفور في التربة، وبملاحظة مقدار التوسع والضغط اللازم للحصول على هذا التشوه، وباستعمال نظرية أسطوانة ثخينة لا نهائية خاضعة لضغط داخلي يمكن الحصول على الثوابت المرنة للتربة مثل معامل الإجهاد- التشوه E وعامل دفع التربة في حالة الراحة K0.

هـ- تجربة الاختراق بالمخروط أو اختبار الاختراق الساكن conepenetration test: يغرس في هذه التجربة مخروط في طبقة التربة التي يُهتم بمعرفة خواصها ويُقام بقياس المقاومة المقابلة لذلك الغرس، ولما

كانت هذه التجربة سريعة نسبياً كان لابد أن تتولد شروط قص تربة من دون تصريف الماء المسامي، ومن ثم ترتبط مقاومة التربة لاختراق المخروط بقوة القص المغلقة، إضافة للتجارب الحقلية المذكورة أعلاه هناك تجارب أخرى لتحديد الكثافة في الموقع بمخروط الرمل أو بالبالون أو بالطرائق النووية.

وصف التربة:

إن تعرُّف التربة أثناء الأعمال الحقلية يستلزم إجراء عملية وصف للعينات، ويتم ذلك بلغة مناسبة لكل مسألة هندسية، ولما كانت الخواص الهندسية للتربة محكومة إلى حد كبير بخواصها وسلوكها الفيزيائي، لذلك كان يمكن الحصول على التقييم الأولي لهذه التربة من فحص بصري لطبيعتها وتركيبها بمساعدة بعض التجارب الأولية، ويقدم الوصف المنهجي معلومات أساسية وفق مصطلحات محددة، ويمكن أن تشكل هذه المعلومات صورة عقلانية لدى القارئ كما يمكن أن تستخرج منها معلومات مناسبة.

يمكن أن تجزأ التربة إلى أنواع بحسب تركيب حبيباتها رئيسية كما يأتي:

أ- الترب الخشنة جداً: وتكون أبعاد الحبيبات فيها من 60 ملم أو أكثر وتصنف كحجارة (حتى 200 ملم) أو حصى.

ب- الترب الخشنة: وتكون أبعاد الحبيبات من 0.06- 60 ملم وترى جزيئاتها إفرادياً بالعين المجردة وتضم البحص والرمل، ونسبة هذه المواد الخشنة، بعد استبعاد الأجزاء الخشنة جداً، تزيد على50٪.

ج- التربة الناعمة: وهي السيلت إضافة إلى معادن الغضار، ولا ترى جزيئاتها بالعين المجردة، ويلتصق بعضها مع بعض لتكون قطعاً كاللدائن تتحكم فيها قوى الشد السطحي ما بين الذرات.

د- المواد العضوية: وتنتج من تفسخ النباتات عموماً.

هـ- مواد الردميات: وهي الترب المشكلة صناعياً وتعالج كحالة خاصة.

التجارب المخبرية:

يمكن تصنيف التجارب المخبرية بحسب المجموعات الآتية:

أ- التجارب الفيزيائية: وتضم التجارب الآتية:

1- الوزن الحجمي الطبيعي: لتحديد وزن وحدة حجم التربة الطبيعية.

2- الرطوبة الطبيعية: وتحدد الرطوبة كنسبة مئوية من الوزن الجاف للتربة المجففة في الفرن في درجة حرارة 105 مئوية.

3- التحليل الحبيبي: يرتبط بمسائل جريان المياه الجوفية والنفوذية والحقن بالإسمنت والحقن بالمواد الكيميائية واختيار مواد الردم للسدود ومواد أساسات الطرق، ويحدد التدرج ونسبة البحص- الرمل- النواعم (السيلت والغضار) بالمناخل العيارية بالنخل الجاف أو بالغسل، يُميز نوعا النواعم السيلت والغضار بتجارب الترسيب أو الهيدرومتر حيث يسمح لتربة مشبعة بالترسب ويقاس تغير الوزن النوعي للمعلق مع الزمن وتحسب الأقطار المكافئة من قانون ستوك.

4- حدود أتربرغ: وتعين هذه الحدود تغير قوام الترب الغضارية السيلتية بتغير رطوبة الجزء المار من المنخل رقم 40، وبإضافة الماء إلى التربة الجافة تزداد ثخانة الأغشية المائية المحيطة بالجزيئات الغضارية وتبقى التربة في حالة صلبة دون زيادة في الحجم إلى أن تصل رطوبتها إلى حد معين، حد الانكماش، وبإضافة المياه يبدأ ظهور الانتفاخ في التربة وتدخل التربة في المرحلة نصف الصلبة إلى أن تأخذ بعده خاصية اللدونة، حد اللدونة، ومع زيادة الرطوبة تبقى التربة في الحالة اللدنة إلى أن تبدأ التربة بفقدان خاصية اللدونة، حد السيولة، وأي زيادة بالرطوبة بعد هذا الحد تدخل التربة في الطور السائل، ومن ثم لا تعود التربة تمتلك قوة قص.

5- الوزن النوعي: هو وزن وحدة حجم الجزيئات الصلبة فقط ويقاس في زجاجة كثافة مع احتياطات خاصة لمنع دخول الهواء.

6- عامل النفاذية K يستعمل في دراسة جريان المياه عبر الكتل الترابية، ويقاس في أجهزة ذات ضاغط ثابت أو أجهزة ذات ضاغط متغير حيث يقاس الجريان وفاقد الضاغط عند مرور الماء عبر التربة.

ب- التجارب الميكانيكية: تنفذ هذه التجارب لتحديد وسائط التربة المستخدمة في حساب قدرة تحمل التربة والهبوط المتوقع فيها، وتضم التجارب الرئيسية الآتية:

1- تجربة القص ثلاثي المحاور triaxial لدراسة سلوك الحمولة- التشوه لعينة تربة، وتتم في جهاز الانضغاط الثلاثي إذ تخضع عينة أسطوانية من التربة مغلفة في غشاء مطاطي وموضوعة في خلية مملوءة بالسائل (الماء الذي يوفر الضغط الجانبي) لضغط σ 3 أي حالة إجهاد هو الضغط الهيدروستاتيكي σ 3، بينما يطبق محورياً إجهاد شاقولي إضافي (σ 1-σ 3) يدعى إجهاد الفرق deviator stress، وتستخرج منها أيضا تماسك التربة C وزاوية احتكاكها الداخلي لحساب قدرة تحمل التربة.

2- تجربة القص المباشر: بسبب صعوبة استعمال جهاز الاختبار الثلاثي لاختبار عينات الترب غير المتماسكة يستعمل لها اختبار القص المباشر، ويتألف من نصفي علبة أبعادها الأفقية هي 6×6سم وارتفاعها 2سم ويتباعد النصفان مسافة صغيرة ويطبق الإجهاد الناظمي عن طريق حامل hanger ويطبق إجهاد القص T ليسبب انهيار العينة على سطح أفقي، ومن عيوب هذا الاختبار- تركيزات الإجهاد- عدم معرفة قيمة σ 2 صعوبة التحكم بالصرف، التعرف السيئ على حالة الإجهاد أثناء الاختبار، عدم تناظر الجهاز عند حدوث تشوهات كبيرة، بإنجاز ثلاثة اختبارات أو أكثر على ضغوط ناظمية مختلفة يمكن استخراج مغلف لقوة القص نستطيع منه أن نقيم زاوية مقاومة القص، إن هذا الاختبار في الواقع هو اختبار "زاوية الاحتكاك angle of friction"، يستعمل هذا الاختبار في أبسط أشكاله لقياس زاوية مقاومة القص للرمال النظيفة، ويمكن منه معرفة تماسك التربة C وزاوية الاحتكاك الداخلي Φ

ومن هذين الوسيطين وباستعمال عدد من العلاقات الهندسية المعروفة (تيرزاكي مثلاً أو مايرهوف) يمكننا حساب قدرة تحمل التربة إضافة إلى حساب عامل مرونتها E.

3- تجربة الضغط البسيط unconfined compression test: تنفذ هذه التجربة على جميع أنواع الترب بقص عينة ارتفاعها ضعف قطرها بتطبيق ضغط محوري ونحصل منها على قوة قص التربة q التي يمكن منها أيضاً، باستعمال بعض العلاقات، استخراج قدرة تحمل التربة.

4- تجربة الانضغاط مع الزمن (التشديد) consolidation: يتم في هذه التجربة صرف قليل من الماء الموجود في المسامات بين الجزيئات الصلبة للتربة بتأثير تطبيق الضغط المستمر، ويتناقص حجم التربة تدريجياً من إعادة تنظيم جزيئاتها عندما ينتقل تدريجياً تطبيق الحمولة من الماء المسامي إلى الهيكل الصلب لجزيئات التربة وتستمر هذه العملية إلى أن يصير ضغط الماء المسامي مساوياً للصفر.

تنفذ التجربة على الترب الغضارية بوجه رئيسي إذ يُلاحظ التغير الحجمي لعينة تربة عند إخضاعها لحمولات متزايدة بين حجرين مساميين مع قياس الحركة الشاقولية، وتستعمل ثوابت التربة المستخرجة منها، مثلاً دليل الانضغاطية compressibility index Cc، في حساب الهبوط المتوقع للأبنية.

ج- التجارب الكيميائية: إن احتواء التربة على مواد عضوية تتفسخ يولد هبوطات تفاضلية قد تؤدي لحدوث تصدعات في المنشأة، ومن الضروري أحياناً معرفة احتواء التربة على مركبات كيماوية ذات تأثير مخرب أو ضار على البيتون والأساسات، ومن هذه التجارب:

1- تحديد احتواء المواد العضوية: إن وجود المواد العضوية يسبب هبوطات عالية في المنشآت عند تفسخ المادة العضوية، وإذا كان هناك شك بوجود نسبة ذات أهمية من المادة العضوية نحدد نسبتها بتحطيم المادة العضوية بالعوامل المؤكسدة ونقيس خسارة الوزن.

2- تحديد احتواء الكبريتات SO_3: مثل كبريتات المغنيسيوم والصوديوم، وبذوبانها بالمياه الجوفية أو السطحية تتفاعل مع الإسمنت في بيتون قواعد الأساسات لتتشكل مركبات مثل كبريتات الكلسيوم مع زيادة في الحجم تؤدي إلى تخريب البيتون ونخره، وتتم تجربة تحديد نسبة الكبريتات بترسيبها بمركب كبريتات الباريوم ثم الوزن لتقدير خسارة الوزن.

تحليل نتائج التجارب والتوصيات الفنية:

يتضمن التقرير الفني عادة معلومات عن المشروع الذي يتم سبر التربة من أجله والوظيفة المطلوبة له، كما يتحدث عن التحريات والمشاهدات الحقلية وعن منسوب المياه الجوفية وعن التجارب المخبرية للتربة بما يوضح خصائصها الفيزيائية والميكانيكية، كما تحدد الوسائط الهندسية التي تستعمل في التصميم والعلاقات والصيغ المستعملة في الحساب لاستخراج قدرة تحمل التربة والهبوط المتوقع مع جميع العوامل اللازمة وخاصة عامل الأمان المقترح.

يجب أيضاً تحديد تأثير المياه السطحية والمياه الجوفية، في حال وجودها، على القاعدة الترابية مع الحلول الفنية المناسبة إذا لزم الأمر، وتحدد التوصيات الفنية لكل نوع من أنواع الأساسات كما يأتي:

أ- **فيما يتعلق بالأساسات السطحية:** يجب تحديد طبقة التأسيس وعمقه وقدرة تحمل التربة والهبوط المتوقع والهبوط التفاضلي.

ب- **فيما يتعلق بالأساسات العميقة (الأوتاد والركائز):** يجب تحديد طول الوتد ونوعه والأقطار المقترحة والحمولات التصميمية للوتد والهبوط المتوقع وطريقة التنفيذ، وتحدد بشكل مفصل طريقة إجراء تجارب التحميل من حيث الحمولات ومراحلها ومددها وغيره.

ج- **فيما يتعلق بالجدران الاستنادية:** تحدد المعلومات اللازمة لتصميم الجدران الاستنادية مثل خصائص التربة خلف الجدار التي تشمل: زاوية الاحتكاك الداخلي- التماسك- الوزن الحجمي- وزاوية احتكاك التربة مع وجه

الجدار الخلفي، وعامل الدفع الفعال لكتلة التربة خلف الجدار واحتكاك قاعدة الجدار مع تربة التأسيس وتماسك قاعدة الجدار مع تربة التأسيس، كذلك بالنسبة لكتلة التربة أمام قدم الجدار التي تشمل: زاوية الاحتكاك الداخلي والوزن الحجمي وعامل دفع التربة المنفعل لهذه الكتلة، إضافة التوصيات اللازمة لصرف المياه من كتلة التربة خلف الجدار، كما تحدد الوسائط المستخدمة في تصميم الجدران الاستنادية مع التحقيقات اللازمة لتأمين توازنها ضد الانقلاب والانزلاق وضغط التربة في مستوى القاعدة.

د- فيما يتعلق بتوازن المنحدرات: تحدد الحلول المناسبة لتأمين استقرار المنحدرات[1].

هندسة التشييد والبناء: Construction Engineering

هندسة التشييد والبناء Construction Engineering هي أحد أقسام الهندسة المدنية وهي تخطيط وإدارة وبناء المنشآت مثل الطرق السريعة والجسور والمطارات والسكك الحديدية والمباني والسدود والخزانات، يتطلب بناء مثل هذه المشاريع الإلمام بمبادئ الهندسة، وإدارة الأعمال، والإجراءات، والاقتصاد، والسلوك الإنساني، إن من صلاحيات مهندسي التشييد تصميم المباني ذات الطابع المؤقت، وضمان ومراقبة الجودة، والتخطيط ومسح موقع التشييد، واختبار مواد التشييد في الموقع والرفع المساحي لمواقع التشييد، وتصميم خلطات الخرسانة، وتقدير التكاليف والتخطيط والجدولة، وهندسة السلامة، والمواد والمشتريات، واختيار المعدات، والتكاليف والهندسية ومراقبة الميزانية، تختلف هندسة التشييد عن إدارة التشييد من زاوية مستوى الرياضيات والعلوم والهندسة المستخدمة لتحليل مشاكل وعمليات التشييد.

تخصصات هندسة التشييد والبناء الفرعية:

- التشييد وإدارة المشروع.

---

(1) الموسوعة العربية، محمد شحرور، عبد العزيز حجار، المجلد السادس، ص554

- هندسة الطرق والمرور.
- التصميم الإنشائي[1].

هندسة جيوتقنية: Geotechnical engineering

الهندسة الجيوتقنية geotechnical engineering هي فرع من الهندسة المدنية يهتم بالسلوك الهندسي لمواد الأرض، وتشمل الهندسة الجيوتقنية دراسة الظروف الباطنية والمواد، وتحديد خواصها الفيزيائية أو الميكانيكية والكيميائية المتعلقة بالمشروع المقام، وتقييم المخاطر الناجمة عن ظروف الموقع، وتصميم الأعمال الأرضية earthworks وأساسات الهيكل، ورصد ظروف الموقع، وبنية الأساس والأعمال الأرضية[2].

وهي العلم الذي يختص بدراسة الأساسات والتأثير المتبادل بينها وبين التربة، يشمل هذا العلم كل ما يتعلق بتعرف التربة وتصنيفها والطرائق المباشرة لتحديد خصائصها الفيزيائية والميكانيكية، وإجراء التجارب المخبرية عليها ومن ثم طرائق الحساب الإنشائي المختلفة وتقنيات بناء المنشآت ذات التماس المباشر مع التربة، كما يشمل كل تقنيات معالجة التربة وحفرها، وتدرّس الهندسة الجيوتقنية في الجامعات والكليات المختصة بهندسة البناء.

طُوِّر هذا العلم ضمن علوم الهندسة المدنية أو هندسة البناء، وتستند المعارف التي يشملها إلى علوم الجيولوجيا والمناجم، وقد أصبح علماً مستقلاً ضمن العلوم الهندسية، ويعالج الموضوعات الآتية:

1- تأسيس المنشآت، مثل: الجسور والأنفاق والطرقات والسكك (علوم التأسيس وبناء الأنفاق والمناجم).

2- بناء المنشآت المائية، مثل: السدود ومحابس المياه "الهويسات".

---

(1) ويكيبيديا، الموسوعة الحرة، (بتصرف)..

(2) المصدر السابق.

3- دراسات مواقع الأرض ذات الفروقات الحادة والسريعة في المستويات، مثل: حفريات التأسيس، أو الجدران الاستنادية، أو أرصفة الموانئ البحرية أو النهرية.

4- دراسات أمان المنحدرات، مثل: منحدرات الطرق، منحدرات خطوط السكك الحديدية، منحدرات السدود، جدران الموانئ.

5- بناء منشآت من التربة، مثل: السدود الترابية، ردميات الطرق، وغيرها.

6- فحص التربة وتصنيفها لأعمال التأسيس وتأثير المياه الجوفية في ذلك.

7- فحص المنشآت الترابية التي تخترقها المياه مثل أكتاف قنوات جر الماء ودراستها.

8- قياس آثار الأحمال الديناميكية على التربة ودراستها، مثل: آثار الدق أو التفجير أو الاهتزازات الناتجة من وسائل النقل.

9- حماية التربة والمياه الجوفية من الملوثات.

يتم بوساطة علمي ميكانيك التربة والجيولوجيا الهندسية دراسة التربة بهدف تحويل العلاقة المتبادلة بين التربة والمنشأ إلى علاقات رياضية، ويستطيع المهندس باستخدامها أن يصمم العناصر الإنشائية ذات التماس المباشر مع التربة بناء على تحمل الحمولات المطبقة عليها، فيتحقق فيها الأمان والاقتصادية.

يقصد بالأمان بقاء أفعال مجموع القوى المقاومة للانهيار في أي مقطع من المنشأ **(قوى قص، قوى ناظمية، عزوم)** أكبر من أفعال القوى الخارجية التي تدفع المنشأ نحو الانهيار، أما الاقتصادية في التصميم فتعني تصميم عناصر إنشائية ذات أبعاد وخواص تحقق شروط الأمان المطلوبة دون هدر أو إسراف.

تطور علم الهندسة الجيوتقنية مع تطور طرائق الحساب وكذلك مع تطور تقنيات قياس الإجهادات والتشوهات في العناصر الإنشائية ذات التماس المباشر مع التربة، كما تطورت كذلك تقنيات تنفيذ الأعمال الجيوتكنيكية الخاصة بتحسين مواصفات التربة الميكانيكية، مثل:

1- رج التربة العميق مع حشوها بتربة خشنة أو بالبيتون الردمي.

2- استبدال التربة ورصها.

3- حقن التربة بالمواد الكيمياوية والإسمنت العادي أو الناعم باستخدام ضغوط خفيفة تصل إلى 5 بار bar.

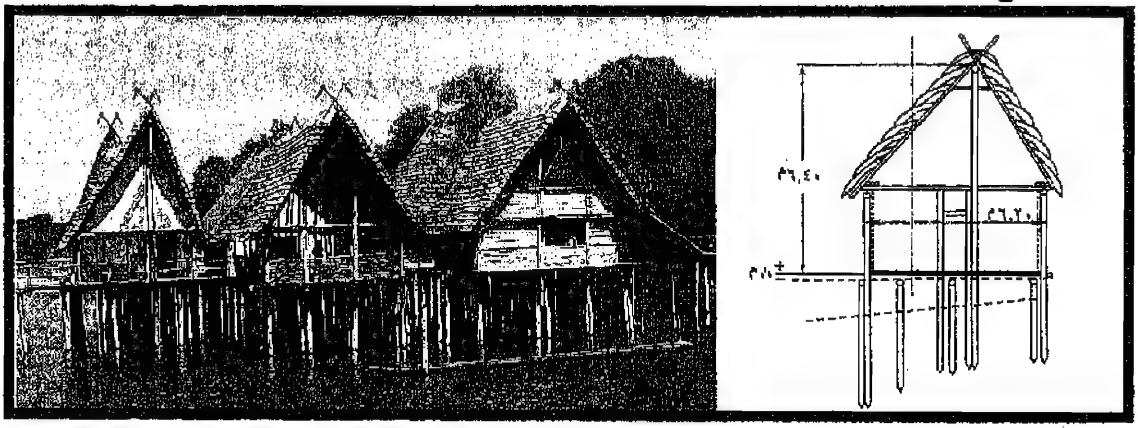
4- حت التربة باستخدام الضغوط العالية التي تصل إلى 1000 بار وحقنها في الوقت نفسه بالإسمنت البورتلاندي.

5- شق التربة وخلطها وحقنها بالإسمنت العادي.

كما أمكن تسليح التربة بعناصر من مواد صناعية مثل الجيوتكستيل، أو بشدادات دائمة أو مؤقتة، مسبّقة الإجهاد وغير مسبّقة الإجهاد[1].

نفّذ الإنسان القديم عند البحث عن الكهرمان والأملاح والمعادن الثمينة حفراً عميقة في التربة وصلت حتى 100 متر، وقد استخدم في الحفر تقنيات بدائية مستفيداً من فعل الماء في تخريب التربة، وكذلك بوساطة تسخين الصخور لتخريبها، فكان حفر بضعة سنتمترات من التربة القاسية والصخور يستغرق بضعة أيام، وقد استطاع الإنسان الحجري دق أوتاد خشبية في التربة كذلك استطاع الرومان نحو 300ق.م استخدام هذه التقنية ذاتها في أعمال التأسيس.

إن أقدم أوتاد خشبية قديمة تم تمييزها اليوم- هي التي تعود إلى العصر الحجري في بلدة Unteruhldingen في منطقة بودنزيه Bodensee في ألمانيا على الحدود مع سويسرا (الشكل 1).



الشكل (1) يبين جملة أوتاد استخدمت لبناء بيوت عليها بين عامي 1700- 800 ق.م في مناطق Unteruhldingen على بحيرة Bodensee

---

(1) J. E. BOWELS, Physical and Geotechnical Properties of Soil (McGraw- Hill Book Company 1979).

كما استطاع الرومان في عام 476ق.م استخدام طريقة لدق الأوتاد الخشبية في الأرض لتنفيذ جسر على نهر الراين، واستمر المهندسون الأوائل باستخدام هذه التقنية حتى العصور الوسطى.

كما يذكر من الأعمال الجيوتقنية الخارقة عبر التاريخ على سبيل المثال لا الحصر ما يأتي:

1- استطاع المصريون القدامى أن ينفذوا سبوراً في التربة بالاستفادة من رؤوس الحفر المزودة بالماس في الفترة الواقعة بين 2550- 2315ق.م.

2- نفذ الصينيون فيما بين 600- 260ق.م أعمق حفرية بقطر 3.5م وعمق بلغ 609م.

3- في بداية القرن الثاني عشر استخرج بعض الرهبان ماء من بئر وصل عمقه إلى 300م.

4- في بداية عام 1840تم بفرنسا وبوساطة آلة حفر دورانية حفر التربة حتى عمق وصل إلى 579م.

5- كما نفذ في أوكلاهوما في الولايات المتحدة الأمريكية عام 1974 سبر دوراني وصل عمقه إلى 9558م.

6- ونفذ في منطقة أوبرفالتس Oberpfalz في ألمانيا في عام 1995 سبر وصل إلى عمق 9015م، وتوقف عند ظهور طبقات لدنة من التربة.

أما حقن التربة بالإسمنت فقد نفذ أول مرة من قبل العالم الفرنسي شارل Charles عام 1802 حيث استخدم الماء مع الإسمنت "البوزولاني" في حقن "هويس" مهدد بالانهيار، وبعد ثلاثين عاماً نشر هذا العالم طريقة تنفيذه العمل لتنطلق بعد ذلك تقنيات الحقن للطرائق المذكورة.

وفي عام 1928 طورت طريقة حقن التربة بالمواد الكيميائية المقوية من قبل العالم الهولاندي يوستن Joosten، بيد أن تطوير هذه الطريقة قد حدَّه حالياً هذا وعي الناس لقضايا البيئة وما تحدثه هذه المواد من أضرار على التربة والمياه الجوفية.

أما طرائق تدعيم جدران الحفريات ضد الانهيار فقد طُوِّرت منذ العصور الوسطى، حيث كانت الألواح الخشبية تستخدم لتدعيم جدران الحفريات، ثم طُوِّرت طرائق التدعيم باستخدام الألواح الفولاذية بدلاً من الخشبية، إذ استطاع الألماني لارسن Larssen تدعيم التربة باستخدامها في عام 1902، ولازال اسم هذا الشخص يطلق على الألواح الفولاذية هذه حتى اليوم.

تطورت طرائق حساب الأثر المتبادل بين التربة والمنشآت المشيدة عليها، وقد كان الأثر المتبادل بين التربة والمنشأ يدرس بالطرق التقليدية اعتماداً على مبادئ توازن القوى وتوزع الإجهادات المنتظم من دون أخذ أثر انزياح المنشآت الملاصقة للتربة بالحسبان، حتى تمكن العالم تسيمّرمَن Zimmerman في عام 1988 من تطوير طريقة حسابية تمكن من حساب القوى في العناصر الإنشائية الخطية غير متناهية الطول، وقد استخدمت طريقته بغية تصميم قضبان السكك الحديدية، وقد شبه هذا العالم التربة بوسط مرن ذي قساوة تشبه قساوة النابض تعرف بأنها النسبة بين الإجهاد المطبق والتشوّه الناتج تحت تأثير هذا الإجهاد، وتم تطوير هذه الطريقة تطويراً كبيراً بحيث صارت تستخدم اليوم في تصميم أساسات الأبنية[1].

هندسة جيولوجية : Geological engineering

الهندسة الجيولوجية geological engineering هي أحد علوم الأرض، مهمتها الأساسية هي تقديم الدراسات الجيولوجية اللازمة لاختيار مواقع المنشآت الهندسية، وبتعبير أبسط فإنها تطبيق مباشر للعلوم الجيولوجية في مجال الأعمال الإنشائية.

وهي علم يختص بدراسة كل ما يتعلق بإنشاء السدود والأنفاق والطرق واستصلاح الأراضي وكم تتحمل المناطق التي تبنى عليها هذه المشاريع وهو علم يدرس أيضاً العلاقة التبادلية التأثير بين المنشآت الهندسية والقشرة الأرضية، كما

(1) الموسوعة العربية، أدهم سرحان، المجلد الحادي والعشرين، ص586، (بتصرف).

تدرس الهندسة الجيولوجية الصخور والظواهر والعمليات الجيولوجية التي تحدد أسلوب بناء المنشأة الهندسية، وظروف استثمارها والاحتياطات الواجب اتخاذها لضمان استقرار الكتل والطبقات الصخرية، كما تهتم بدراسة التغيرات التي تطرأ على الصخور وطبقاتها، والعمليات والظواهر الجيولوجية الناجمة عن إقامة المنشآت المختلفة، ومن مهامها أيضاً دراسة الخصائص الكيمياوية والفيزيائية والميكانيكية للصخور، وتحديد صلاحيتها للاستخدامات المختلفة: مواد بناء وإكساء وأحجار زينة وغيرها[1].

ومن أهم أعمال المهندس الجيولوجي:

1- فحص المواقع والاختبارات الميدانية وتقييم التضاريس الأرضية للأغراض الجيولوجية الهندسية.

2- دراسة مواقع الطرق والأنفاق والكباري والسدود والمنحدرات الصخرية والمدن وحماية الشواطئ من الناحية الجيولوجية الهندسية.

3- تقييم الآثار الناتجة عن مخاطر السيول والفيضانات والزلازل والبراكين والتصحر وإيجاد الحلول المناسبة لها.

وتهتم بعمر المنشأ فقط على عكس علم الجيولوجيا البحتة الذي يهتم بالعمر النسبي للأرض وتركز اهتماماتها على المنطقة السطحية والتحت السطحية أي أن المنطقة التي يمكن للمنشأ أن يتأثر بها ودراسة الجيولوجيا الهندسية مهم من الناحية العملية بسبب ما تقدم للمهندس الإنشائي من خيارات واحتياطات من المشاكل[2].

يصعب تحديد بداية ظهور الدراسات في مجال الهندسة الجيولوجية، ويفترض أن دراسة الصخور بوصفها مواد بناء أولية وقواعد للمنشآت كانت تتم منذ فترات زمنية طويلة قبل ظهور هذا العلم وتميزه.

أما الدراسات المنهجية في هذا المجال فتعود إلى أواخر القرن الثامن عشر وبداية القرن التاسع عشر، إذ تم التوسع في إشادة المنشآت العمرانية المختلفة، وقد

---

(1) RED G. BELL, Engineering Geology (University Press Cambridge 1995).

(2) ويكيبيديا، الموسوعة الحرة، (بتصرف).

تطلب ذلك الاهتمام الجدي بدراسة الصخور لضمان سلامة المنشآت وإشادتها بأقل كلفة ممكنة، وقد أدى التوسع في بناء السدود والمنشآت الكهرمائية إلى الاهتمام بدراسة الظواهر والعمليات الجيولوجية المرتبطة بهذا النوع من المنشآت (**كالانزلاقات والانهيارات وحت شواطئ البحيرات وأعمال الرشح وتسرب المياه وغيرها**)، مما أدى إلى نشوء الهندسة الجيولوجية الديناميكية **dynamic geological engineering**، كما أن التوسع في بناء طرق المواصلات والسكك الحديدية التي تمتد مسافات كبيرة، وتمر في أراضٍ مكوّنة من صخور مختلفة ومتباينة بشدة في خصائصها تطلب الدراسات التفصيلية لخصائص هذه الصخور وتحديد صلاحيتها، مما أدى إلى نشوء فرع آخر من علوم الهندسة الجيولوجية وهو هندسة التربة **soil engineering**.

منذ أوائل القرن العشرين أخذت دراسة الصخور والعمليات الجيولوجية بهدف إشادة المنشآت تعتمد بصورة أساسية الطرائق الفيزيائية والرياضية، مما أدى إلى نشوء علم جديد هو الجيوتكنيك **geotechnic** الذي يعدّ من فروع الهندسة المدنية، وهو يشترك مع الهندسة الجيولوجية في الهدف وفي مواد الدراسة ويختلف عنها في الأسلوب، ولذلك فإن كلاً من هذين العلمين يتمم أحدهما الآخر ويتكامل معه.

ظهر أول كتاب يبحث في هذا العلم عام **1929** لمؤلفه ل. ترزاغي **L.Terzaghi** وكان باللغة الألمانية، ويبحث بصورة رئيسية في موضوعات هي أقرب لميكانيك التربة منها لموضوعات الهندسة الجيولوجية، ثم تتابعت المؤلفات في هذا المجال ومن أشهر المؤلفين فيها: أ.كازاغراند **A.Cazagrande** في أمريكا، وأ. سكمبتون **A.Scempton** في إنكلترا، وج. تالوبر **J.Talobre** في فرنسا، وي. بوبوف **I.Popov** في روسيا، وغيرهم.

تتألف الهندسة الجيولوجية من ثلاثة فروع أساسية هي[1]:

❖ الهندسة الجيولوجية الديناميكية:

وتهتم بدراسة العمليات والظواهر الجيولوجية الطبيعية، والعمليات الجيوهندسية التي تنشأ عن نشاط الإنسان في مختلف المجالات، وهي تختلف عن العمليات والظواهر الجيولوجية الطبيعية بأنها أسرع حدوثاً وأشد تأثيراً، لكنها تنتشر على مساحات محدودة.

❖ هندسة التربة:

وتهتم بدراسة الخصائص الجيولوجية (التركيب الفلزي والتركيب الحبي)، والكيمياوية (التركيب الكيمياوي) والفيزيائية (الكثافة والمسامية والنفاذية...) والميكانيكية (المتانة والمرونة واللدونة)، والبنيوية (البنية والنسيج واتجاهات الطيات والشقوق والفوالق وميولها) للصخور والترب، وتحديد صلاحياتها للاستخدامات المختلفة.

❖ الهندسة الجيولوجية الإقليمية regional geological engineering:

وتهتم بدراسة الشروط الجيوهندسية (الصخور والعمليات والظواهر الجيولوجية) وتغيراتها في المكان والزمان بالاستناد إلى التاريخ الجيولوجي للقشرة الأرضية والشروط الفيزياجغرافية المعاصرة.

إضافة إلى ما سبق هناك موضوعات أخرى أخذت تظهر في العقود الأخيرة وتتطور بسرعة لتصبح فروعاً مهمة وأساسية من فروع الهندسة الجيولوجية وأهمها:

- الهندسة الجيولوجية للمدن:

إن التوسع العمراني الشديد أفقياً وشاقولياً، وازدياد تنوع الصخور المستخدمة أساسات للمباني، وازدياد الحمولات عليها واتساع شبكات الري، وازدياد تسرب المياه منها، وتأثيره في رطوبة الصخور وفي مستوى المياه الجوفية وبناء الأنفاق وما تسببه من انقطاعات في استمرارية الصخور وما تسببه وسائط النقل من

(1) P.B. ATTEWELL, Principles of Engineering Geology (University Press Cambridge 1976).

الأحمال الديناميكية على الطبقات الصخرية، وغير ذلك من الأعمال التي ينفذها الإنسان قد أدى إلى تغيير في حالة الإجهاد في الأجسام الصخرية وإلى تنشيط الظواهر الجيوهندسية غير المرغوب فيها، مما استدعى نشوء هذا الفرع وتطوره السريع، وذلك بإيجاد أساليب وطرائق وأجهزة جديدة للاختبارات والدراسات الجيوهندسية المختلفة من أجل الاستمرار الآمن للمنشآت المختلفة.

- الهندسة الجيولوجية لمكامن الخامات المفيدة وحقول النفط والأحواض المائية:

لاشك أن استثمار الخامات المفيدة من اختصاص علم المناجم، وكذلك استثمار آبار النفط والمياه من اختصاص جيولوجيا النفط والمياه الجوفية، ولكن التوسع الكبير في عمليات الاستثمار وبناء المقالع والمناجم واستخراج النفط والمياه بكميات كبيرة ومن مساحات شاسعة أدى إلى تغيير واسع في الظواهر الطبيعية وتنشيط العمليات الجيولوجية من انهيارات وانزلاقات وانخسافات وما يتبع ذلك من آثار سلبي في المنشآت المختلفة، وقد استدعى ذلك نشوء فرع جديد في الجيولوجيا الهندسية وتطوره السريع، مهمته وضع الضوابط لهذه العمليات والحد من أضرارها[1].

- الهندسة الجيولوجية البحرية:

وهي تهتم بدراسة صخور قيعان البحار والمحيطات وخاصة منطقة الرصيف القاري، حيث يقوم الإنسان بنشاط هندسي كبير من بناء للمرافئ، واستخراج النفط، وإرساء أنابيب نقل النفط والغاز وما يخطط له من استثمار للخدمات المفيدة في قيعان البحار.

- الهندسة الجيولوجية الفضائية:

وهذا فرع حديث بدأ بالظهور عند التخطيط للهبوط على سطح القمر واختيار المواقع المناسبة لذلك، ودراسة الصخور المجلوبة من القمر، ويرتبط تطور هذا الفرع بالتوسع في غزو الفضاء والتخطيط للهبوط على الكواكب السيارة

(1) F.G. BIVTH & M.H.FREITAS, A Geology for Engineering (The Pitman Press 1975).

وتوابعها وجلب العينات منها ودراسة خصائصها الجيوهندسية، بهدف إنشاء محطات على تلك الكواكب وتوابعها، والتخطيط لاستعمارها.

لا تقتصر الدراسات الجيولوجية الهندسية على إيجاد الحلول المناسبة للمشكلات التي تعترض الأعمال الإنشائية التي يقوم الإنسان بها، بل أصبحت أكثر اتساعاً وشمولية، إذ أصبحت تهتم بدراسة القشرة الأرضية بوصفها وسطاً لحياة الإنسان وبيئته وأنشطته الحياتية المختلفة، وبذلك فإن الهندسة الجيولوجية إضافة إلى مهمتها الأساسية وهي دراسة الصخور والعمليات والظواهر الجيولوجية، فإنها تهتم أيضاً بوضع الأسس النظرية للاستفادة من مختلف عناصر القشرة الأرضية لمصلحة الإنسان من دون إضرار بالبيئة، ومن أهم الأمور التي تتضمنها الدراسة الجيوهندسية ما يأتي:

❖ **النمذجة الجيوهندسية لسطح الأرض:**

وتتم بدراسة تكتونية الأقاليم وتضاريسها والظواهر الطبيعية فيها وتاريخها الجيولوجي وطبقات الصخور والشروط الهدروجيولوجية فيها، ويتكون النموذج الجيوهندسي من الأراضي التي تتشابه فيها هذه الخصائص، وتقسم الأراضي إلى نماذج مختلفة باختلاف تلك الخصائص، ويوضع لكل نموذج كتيب تعليمات يوضح خصائص الأراضي والتعليمات والتوصيات الواجب إتباعها لأنشطة الإنسان المختلفة، وخاصة الأعمال الإنشائية، من الواضح أن حدود النماذج الجيوهندسية لا تتوافق مع الحدود السياسية، لأن مجموع النماذج يكوّن سطح الأرض كله، وليس مساحة دولة ما، كما هي الحال في الدراسات الهندسية للجيولوجية الإقليمية، ومن البديهي أن حل هذا الموضوع يتطلب تضامن جهود المختصين من كل الدول، والفائدة مشتركة للجميع، إذ يتم تقليص حجم الدراسات الجيوهندسية المناسبة لعمل ما إلى الحدود الدنيا، وبالتالي توفير الوقت والمال.

❖ **التنبؤ بالظواهر الجيوهندسية وتقدير شدتها:**

تخضع الكرة الأرضية باستمرار لعمليات وظواهر جيولوجية متنوعة: انزلاقات- انهيارات- تصدعات- انخسافات في المناطق الكارستية... الخ،

وبعض هذه الظواهر ذو آثار كارثية بشرية ومادية، ومثل هذه الحوادث في تزايد مستمر بسبب تزايد إخلال الإنسان بالتوازن الطبيعي وإفساده للبيئة، ويتم التنبؤ بالظواهر الجيوهندسية وتقدير شدتها بالمراقبة المستمرة الأرضية والفضائية، وتنفيذ الاختبارات الدورية في المواقع، ووضع النماذج الرياضية لهذه الظواهر، ومعالجتها على أساس المعطيات التجريبية، ومن ثم استنباط الحلول المناسبة لدرء أخطارها أو الحد من وقوعها، أما بصدد الزلازل فإن دراستها تتم بالتعاون مع المختصين بها بهدف وضع الخرائط الزلزالية المختلفة وتقويم المعطيات الزلزالية اللازمة للحسابات الإنشائية وغير ذلك[1].

الخصائص الجيوهندسية للأجسام الصخرية:

تعد هذه المسألة من أهم مسائل الهندسة الجيولوجية، فمعظم الدراسات في الوقت الحالي هي دراسات مخبرية على عينات صغيرة تجلب من الحقل، والأجسام الصخرية عادة تحوي شقوقاً وفوالق وظواهر كارستية وغير ذلك، كما أن هذه الأجسام تكون غير متجانسة سواء من حيث التركيب الفلزي أم الحبي، في حين أن العينات الصغيرة تكون خالية من كل ذلك، وبالتالي فإن مجمل خصائص الأجسام الصخرية كالمتانة والقساوة والسيولة وحالة الإجهاد العامة فيها تختلف بشدة عن خصائص العينات الصغيرة التي تعد عينات نقطية لا تمثل إلا نفسها، ويتم حل هذه المسألة بزيادة حجم الدراسات الحقلية على الرغم من كلفتها العالية، ووضع طرائق وأساليب جديدة للدراسة[2].

هندسة الجيوماتكس : Geomatics

هندسة الجيوماتكس Geomatics هو علم هندسة المساحة الرقمي (بسائر فروعه) وهو علم وتقنية تجميع وتحليل وتفسير وتوزيع واستخدام المعلومات

---

(1) انظر أيضاً: محمد أنور محفوظ، الجيولوجيا الهندسية (جامعة دمشق، 1981).

(2) الموسوعة العربية، محمد أنور محفوظ، المجلد الحادي والعشرين، ص588

الجغرافية، ويضم داخله مجموعة من التخصصات التي يمكن جمعها معاً بهدف تطوير صورة تفصيلية مفهومة عن العالم الطبيعي ومكاننا به، وهذه التخصصات تشمل: المساحة، الخرائط، الاستشعار عن بعد، نظم المعلومات الجغرافية، والنظام العالمي لتحديد المواقع، ونظم المعلومات الجغرافية GIS.

ويشمل تخصص هندسة الجيوماتكس ونظم المعلومات الجغرافية على استخدام الأقمار الصناعية في نواح عديدة مثل الاتصالات، واستطلاعات المناخ والبيئة، واستكشاف الفضاء والأرض، واستعمال التقنيات الحديثة، والحاسوب وبرمجياته في جمع المعلومات وتحليلها، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، ويضم هذا التخصص قاعدة عريضة من التخصصات الفرعية التي تنصب في الهندسة المدنية وتطبيقاتها، وهندسة الجيوماتكس تعطي لدارسها معرفة جيولوجية المنطقة من خلال قياس اتجاه خط المضرب وزاوية واتجاه الميل وسمك ونوع التكوين الصخري من أجل التخطيط الإستراتيجي السليم لتنفيذ المشاريع الهندسية وتحديد مسار الطرق المختلفة وتحديد مواقع المقالع ومشاريع الأنفاق وتحديد مواقع الآبار وسمك الطبقات الحاوية على الماء وتطوير ظروف الموقع الإنشائي والمحافظة على المنشآت الحيوية وإضافة إلى تحديد مواقع السدود لخزن المياه(1).

هندسة الحاسوب: Computer Engineering

هندسة الحاسوب أو هندسة المعلوماتية التقنية هو أحد فروع الهندسة الكهربائية وهو الاختصاص الذي يجمع بين الهندسة الإلكترونية وعلوم الحاسب(2).

(1) ويكيبيديا، مصدر سابق، (بتصرف).

(2) IEEE Computer Society; ACM (12 December 2004). Computer Engineering 2004: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Engineering. pp. pg. iii. [1]. Retrieved 2011-08-21. "Computer engineering has traditionally been viewed as a combination of both computer science (CS) and electrical engineering (EE)"

مهندسو الحاسوب هم عبارة عن مهندسو إلكترونيات أساساً، ولديهم معلومات إضافية وتدريب وخبرة في مجال تصميم البرمجيات والعتاد الصلب للحاسوب، خصوصاً في مجال تكامل البرمجيات مع العتاد، يشارك مهندسو الحاسوب في جميع مجالات الحوسبة من تصميم المعالجات الصغرية، والحواسيب الشخصية والحواسب الفائقة supercomputer وحتى تصميم الدارات والشيبات بالإضافة لتكامل الأنظمة الحاسوبية مع أنواع أخرى من الأنظمة (مثل المركبات ذات المحركات والأنظمة الرقمية)[1]، يساهم مهندسو الحاسب icl أيضاً في كتابة الشفرات البرمجية البرمجيات المضمنة embedded software للمتحكمات الصغرية microcontroller ذات الزمن الحقيقي، تصميم شيبات VLSI، العمل على الحساسات التماثلية analog sensors، تصميم أنظمة التشغيل وحتى لوحات الدارات circuit board والروبوتات.

قسم هندسة الحاسبات:

نبذة تاريخية:

بدأ قسم هندسة الحاسبات كفرع تخصصي داخل قسم الإلكترونيات والاتصالات الكهربية منذ عام 1975 في مرحلة البكالوريوس منفصل في الدراسات العليا- ماجستير في الإلكترونيات والاتصالات للحاسبات وتقنية المعلومات- ومع تطور الحاسبات وانتشار استخدامها في مجالات التطبيق المختلفة والنمو الهائل لعدد الشركات والمؤسسات العاملة في هذا النطاق- فقد بدأ التفكير منذ عام 1991 في إنشاء قسم منفصل وشعبة طلابية لهندسة الحاسبات وتم وضع لائحة المقررات الدراسية خلال العام الجامعي 1992/1991 وتمت الموافقة النهائية على إنشاء قسم هندسة الحاسبات في مارس 1993 وبدأ القسم نشاطه في العام الجامعي 1994/1993 بقبول أول دفعة من المنقولين من السنة الإعدادية.

---

(1) ما هي هندسة الحاسوب. وُصل لهذا المسار في 2011/8/21.
http://www.tcd.ie/Engineering/about/what_is_eng/computer_eng_intro.html

أهداف قسم هندسة الحاسبات:

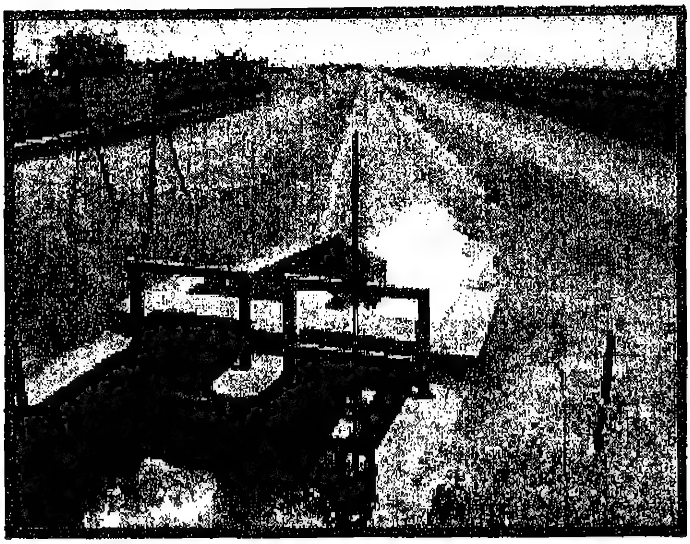
يهدف قسم هندسة الحاسبات إلى تلبية الاحتياج المتزايد إلى المتخصصين في هندسة الحاسبات وتقنية المعلومات كما هو الحال في كلية الهندسة- جامعة القاهرة مثلاً، يهدف قسم هندسة الحاسبات أيضاً على وجه التحديد إلى تخريج المهندس القادر على إجراء البحوث الأساسية والتطبيقية في العلوم الهندسية المرتبطة بالحاسبات بصورة تمكن من تطوير البحث العلمي وإيجاد الحلول العلمية والعملية للمشاكل التي تواجهها أجهزة الدولة والمصانع والمؤسسات والهيئات المختلفة في هذا المجال.

ومن أهم مهام عمل خريج قسم الحاسبات:

1- تصميم وتنفيذ المكونات التجمعية للحاسبات وأجهزة نقل البيانات.
2- تصميم وتنفيذ برامج التشغيل الأساسية ونظم المعلومات المتقدمة.
3- تحليل المتطلبات ووضع المواصفات لأجهزة الحاسبات وتجهيزات شبكات ربطها والبرامج الأساسية لتشغيلها والتجهيزات الفنية اللازمة لها.
4- القيام بالأعمال الفنية لرفع كفاءة استخدام وتطوير الحاسبات وبرامج التشغيل الأساسية ونظم المعلومات المتقدمة.
5- المشاركة الفنية في مجال تخصصه لاختيار أفضل العروض والإشراف على التجهيز والتركيب والتشغيل.
6- تشخيص الأعطال في المكونات المادية والبرامج الأساسية ونظم المعلومات المتقدمة والإشراف على خطوات الصيانة والإصلاح.
7- تصميم وتنفيذ البرامج المتخصصة في المجالات الفنية والتقنية العالية[1].

(1) ويكيبيديا، الموسوعة الحرة.

هندسة الري: Irrigation Engineering



قناة للري في حران

هندسة الري والصرف الزراعي- وتسمى اختصاراً بهندسة الري- هي العلم الذي يهتم بتزويد المساحات الزراعية بالمياه اللازمة للاستخدامات الزراعية بطريقة محسوبة بدقة على أساس المناخ والطبوغرافيا وطبيعة التربة **(درجة الحامضية، تدرج الحبيبات، ...)**، وإمداد التربة بالماء يحافظ على محتوى الرطوبة اللازم لنمو النبات، ويغسل التربة من الأملاح الزائدة، للحفاظ على تركيز ملوحة مقبول في منطقة جذور النبات **(يمكن زراعة الأراضي المالحة بالأرز، الذي يحتاج لكميات مياه كبيرة فيتم في نفس الوقت غسل التربة من الأملاح).**

تعريف الري:

الري هو عملية إمداد التربة بالمياه تحت عدة ضوابط:

1- أن تكون التربة مزروعة بالنبات في أي مرحلة عمرية من البذور إلى الحصاد.

2- أن تكون عملية إضافة المياه تتم بتدخل بشري سواء بتركيب أجهزة مثل المنقطات والرشاشات، أو بحفر قنوات لحركة المياه، أما ارتواء الأرض طبيعياً بالمطر أو الفيضانات فلا يسمى رياً.

أنواع الري:

1- الري الطبيعي: وهو وصول المياه بطريقة طبيعية للنبات دون تدخل بشري.
2- الري الصناعي: تدخل الإنسان وإعادة توزيعه للمياه باستخدام الطرق المختلفة.

الطرق الشائعة للري:

- الري السطحي ويقسم إلى الري بالديم والري بالواسطة.
- الري بالرش.
- الري بالتنقيط.

وهناك طرق أخرى جديدة ولكنها ليست منتشرة بصورة كبيرة في الوطن العربي، ينقسم الماء المستخدم في عملية الري إلى أجزاء كالآتي:

1- جزء يمتص بواسطة جذور النبات.
2- جزء يتبخر من سطح الأرض.
3- جزء تحتفظ به التربة حسب قوامها.
4- جزء يتسرب من خلال حبيبات التربة إلى المياه الجوفية.

فوائد ماء الري:

1- يقوم الماء بدور العامل المذيب للمواد الغذائية التي تحتويها التربة وحملها لجذور النبات.
2- يساعد على نشاط بكتريا التربة التي تعمل على تحليل المواد العضوية الموجودة في التربة فيمكن للجذر امتصاصه.
3- يساعد على حفظ درجة حرارة التربة المناسبة لنمو النبات.
4- يحمل الأملاح الزائدة والمواد الضارة بالنبات إلى باطن الأرض وإلى المصارف.

المنشآت المختلفة في مشاريع الري والصرف:

1- سد Dam.

2- الأعمال الترابية Earth Works.

3- الأعمال الصناعية.

4- القناطر Regulators.

5- الهدار weir.

6- الجسر Bridge.

7- البريخ Culvert.

8- السحارة Siphon.

9- البدالات Aqueduct.

10- هويس Lock.

11- المساقط المائية Water Falls[1].

هندسة السيارات: Automotive Engineering

هندسة السيارات الحديثة هي فرع من الهندسة الميكانيكية، ويتصل بها عناصر أخرى مثل الميكانيكي، الكهربائي، الالكتروني، المعدات والهندسة الوقائية وكما هو مصمم، المصانع وعمليات تصنيع العربات والموتسكلات والاتوبيسات والشاحنات الكبيرة وأنظمتهم الفرعية التي تتصل بهم.

حقول:

- هندسة السيارات تتضمن تصميم العربات والشاحنات، بداية من المفاهيم الأولية لصناعتهم.
- المهندسون في هندسة السيارات ينقسمون لثلاثة أقسام: هندسة الإنتاج، هندسة التطوير وهندسة التصنيع[2].

(1) ويكيبيديا، الموسوعة الحرة.

(2) المصدر السابق، (بتصرف).

هندسة صحية : Sanitary engineering

الهندسة الصحية sanitary engineering فرع من فروع الهندسة المدنية، تهتم بما يخص الصحة العامة، يطلق عليها أحياناً اسم الهندسة البيئية، إلا أن اهتمام الهندسة الصحية محصور أكثر من الهندسة البيئية بما يخص صحة الإنسان أكثر من نظافة البيئة، وتخفيف التلوث، أو الضجيج وغيرها[1]، فهي تعنى بتأمين المياه النقية الصالحة للاستعمالات المنزلية والصناعية والتجارية، وتعنى كذلك بتصريف المياه الملوثة المستخدمة في التجمعات السكنية والمنشآت الصناعية، وكذلك المياه الناتجة من الأمطار إلى خارج حدود المناطق السكنية المأهولة، وتسمى الهندسية الصحية أحياناً بهندسة البلديات أو هندسة الصحة العامة، وفي العقدين الأخيرين انضوت الهندسة الصحية تحت عنوان أشمل هو الهندسة البيئية[2].

وقد جاءت تسمية هذا الفرع من الهندسة متوافقة مع مضمونه إذ إن حياة الإنسان تعتمد على الماء والهواء والغذاء.

اهتم الإنسان منذ القديم بتأمين المياه النقية الصالحة للشرب، وظهر ذلك واضحاً منذ نشوء التجمعات السكنية والحواضر على ضفاف الأنهار وشواطئ البحيرات العذبة، وتظهر الأوابد التاريخية بقايا أقنية جلب المياه النقية من مسافات بعيدة وأقنية لتصريف المياه المستعملة، فقد استخدمت قبائل المينوس التي عمرت جزيرة كريت خطوطاً للصرف وخطوطاً لجر المياه منذ نحو 1500 سنة قبل الميلاد من مادة الفخار، كما أن قناة روما تعدّ من روائع العمل الهندسي التي يؤمها السيّاح والتي بني الجزء الثالث منها في القرن الثالث قبل الميلاد واستخدم مجروراً لتصريف المياه من الساحة العامة.

ازداد الاهتمام بالهندسة الصحية مع توسع المدن وزيادة عدد سكانها ومع بداية الثورة الصناعية، ويعدّ عام 1800 بداية عصر جديد لمياه الشرب والصرف

(1) المصدر السابق.

(2) انظر أيضاً: محمد علي فرج، الهندسة الصحية (منشأة المعارف، الإسكندرية 1977).

الصحي والمعالجة العملية لمياه الصرف الصحي في عدد من البلدان، ويعدّ تطوير علم الجراثيم من قبل العالمين كوخ وباستور في النصف الأخير من القرن التاسع عشر بداية ثورة علمية صحية مهمة، وقبلها كانت العلاقة بين التلوث والأمراض ضعيفة.

أقسام الهندسة الصحية:

تشمل الهندسة الصحية الأقسام الآتية:

- **الإمداد بالمياه:**

تستخدم المياه في التجمعات السكنية للشرب لسد الحاجات الذاتية للإنسان، كما تستخدم في الصناعة مادة أولية في الإنتاج أو مادة وسيطة لتبريد الآلات وغسيل المواد الأولية أو المنتجة، وتستخدم لإطفاء الحرائق وغسيل الشوارع وسقاية الحدائق وغيرها، ويتطلب كل استخدام مواصفات مياه خاصة به، فمياه الشرب مثلاً يجب أن تكون خالية من البكتيريا والجراثيم المرضة وكل أنواع الطفيليات الأخرى كما يجب أن تكون باردة، رائقة، لا طعم لها ولا رائحة، خالية من المواد المعدنية الذائبة خاصة أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم.

تؤخذ المياه من المصادر السطحية (أنهار، بحيرات عذبة...) أو الجوفية (آبار، ينابيع...) حيث تشاد منشآت خاصة فوق هذه المصادر تسمى بالمآخذ، وتزود أحياناً بالمضخات المناسبة.

1- تنقية المياه:

لعدم توافق مواصفات المياه العذبة في الطبيعة مع متطلبات الصحة العامة أو مع المتطلبات الصناعية، فإن هذه المياه يجب أن تنقى بطريقة أو بأكثر، مثل الترويب والترسيب والترشيح والتعقيم وإزالة الطعم والرائحة وفي بعض الأحيان التطرية وإزالة الغازات حتى تصير مواصفاتها غير ضارة بصحة الإنسان ومتوافقة مع متطلبات الاستعمال.

يشمل الترويب إضافة مواد كيمياوية (سولفات الألمنيوم، سولفات الحديد...) إلى الماء لتشكيل ندف مرسبة تتحد مع المواد الدقيقة المعلقة والمواد الملونة

والبكتيريا، وبذا تصبح كبيرة الحجم وثقيلة الوزن وقابلة للترسيب، تتطلب عملية إضافة المواد الكيمياوية مزجاً جيداً وزمن تماس لا يقل عن نصف ساعة.

الترسيب هو مرور المياه المضاف إليها المواد الكيميائية بسرعة جريان متدنية جداً (بضع مليمترات في الثانية) مما يساعد على تساقط الندف إلى أسفل الحوض تحت تأثير وزنها، فتنفصل عن الماء، وتصبح الطبقات العليا من الماء في أحواض الترسيب صافية، يتم تفريغ المواد المترسبة في قاع الحوض على نحو دوري، وتؤخذ المياه الصافية من أعلى الحوض إلى المرشحات[1].

تتألف أحواض الترشيح من طبقات مواد مسامية تسمح بمرور المياه، وتحجز فوق سطحها المواد العالقة والمواد الغروية وجزءاً من الكائنات الحية المتبقية في المياه بعد الترسيب وأكثر المواد المسامية استعمالاً هي الرمال وأحياناً فحم الانتراسيت.

يهدف تعقيم المياه إلى القضاء على جميع أنواع البكتيريا والجراثيم الممرضة الموجودة بعد عمليات المعالجة، ويتم التعقيم باستخدام:

أ- الكلور على شكل غاز أو أحد أملاح الكلور.

ب- الأوزون.

ج- الأشعة فوق البنفسجية.

التعقيم بالكلور وأملاحه هو الأكثر استعمالاً لفعاليته، ولأنه يمكن الاحتفاظ بجزيء من الكلور المتبقي في الماء والذي يدل وجوده على أن الجرعة المعطاة للماء كانت كافية وأن هناك احتياطياً يمكن استعماله في حال حدوث تلوث في شبكة التوزيع.

يستخدم الفحم المنشط لإزالة طعم المياه ورائحتها، كما يضاف الفلور إلى المياه المرشحة وذلك لمكافحة نخر الأسنان عند الأطفال.

---

(1) أنظر أيضاً: سلوى الحجار، معالجة مياه الشرب والمياه الصناعية (مديرية الكتب والمطبوعات، جامعة حلب، 1985).

2- تطرية المياه:

تسمى المياه بالقاسية عندما تحوي أملاح الكالسيوم أو المغنيسيوم أو كليهما معاً، ويتم التخلص من هذه الأملاح بوساطة إضافة ماءات الكالسيوم مع فحمات الصوديوم أو من دونها، وذلك لترسيب الكالسيوم والمغنيسيوم، وبعدها تتم تهدئة المياه وترشيحها وكلورتها.

يمكن أن تتم التطرية بإمرار المياه عبر طبقة من مواد التبادل الشاردي التي تزيل الكالسيوم والمغنيسيوم من الماء، وتستبدل بهما الصوديوم الذي لا يشكل طبقات على إبريق الشاي أو حلقات صابون في الحمام، ويمكن أن يعاد تنشيط مواد التبادل الشاردي للاستعمال مرّة أخرى.

3- توزيع المياه:

توزع المياه بعد تنقيتها وتخزينها على المستهلكين بوساطة شبكة من الأنابيب الممدّدة في الشوارع الرئيسية والفرعية، وكذلك شبكة من الأنابيب داخل المباني، ويكون جريان الماء تحت تأثير الضغط بحيث تصل المياه إلى الطوابق العليا من الأبنية، يتم توليد الضغط بوساطة المضخات، وتستخدم أنابيب الفولاذ وحديد الصب على نحو رئيسي في شبكات المياه، وأحياناً تستخدم الأنابيب اللدائنية.

- **الصرف الصحي:**

تنتج مياه الصرف الصحي من استخدام الإنسان للمياه النقية في المنازل والمنشآت الصناعية، إذ تتلوث هذه المياه بكمية من المواد العضوية وغير العضوية والبكتيريا والجراثيم وغيرها، كما تنتج مياه الصرف الصحي من ذوبان الثلوج وهطل الأمطار، يتم تجميع مياه الصرف الصحي في المنشآت السكنية والصناعية باستخدام المغاسل، والمجالي، والحمامات وما إليها، وتنقل بوساطة شبكة من الأنابيب إلى شبكة أخرى في الشوارع الرئيسية والفرعية ثم إلى خارج حدود المنطقة السكنية حيث محطة المعالجة، كما يتم تجميع مياه الأمطار من الشوارع والساحات من خلال فتحات (بالوعات مطرية) تنشأ على جوانب الطرقات، وتجري

مياه الصرف الصحي عادة بالراحة، وتستخدم الأنابيب البيتونية على نحو رئيسي في إنشاء الشبكات الخارجية[1].

معالجة مياه الصرف الصحي:

لاحتواء مياه الصرف الصحي على المواد العضوية والبكتيريا والجراثيم والطفيليات والأقذار مما يؤدي إلى نقص الأكسجين المنحل في الماء، ومن ثم حصول تعفنات تؤدي إلى إطلاق غازات كريهة الرائحة ومنظر غير مقبول لمياه الصرف، فإن ذلك يستدعي معالجة هذه المياه قبل صرفها إلى المصادر المائية أو استخدامها في الري الزراعي، تتم المعالجة بعدة مراحل[2]:

- **التخلص من النفايات الصلبة:**

تنتج النفايات الصلبة بكميات كبيرة سواء في المنازل أم المصانع أم بعض المحلات التجارية والصناعية أم المزارع، ويتم جمع القمامة عادة بوساطة سيارات خاصة تنقلها إلى خارج المدن، ويتم معالجتها بعد فرزها بالحرق أو الطمر.

- **تلوث الهواء:**

تنفث المعامل ووسائط النقل والمنازل الدخان والهباب وغيرهما من المواد الكيمياوية في الهواء، وهي مواد ضارة بصحة الإنسان والحيوان والنبات، وبعضها مسرطن بالغ الخطورة، يتم التخلص من ملوثات الهواء إما بغسلها وإما بوساطة مرشحات الهواء وإما بالترسيب الكهروستاتيكي وإما بالمعالجة الكيمياوية وإما بتغيير الطريقة التكنولوجية للإنتاج.

ولاشك أن ضبط مواصفات الهواء الخارجي أو داخل أماكن العمل من المهام الحديثة للهندسة الصحية[3].

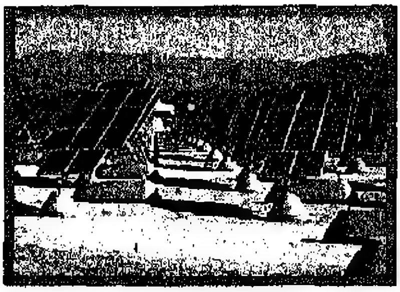
---

(1) أنظر أيضاً: عمر كرمو، الهندسة الصحية- إمداد المدن بالمياه- الصرف الصحي للمخلفات السائلة (مطبعة جامعة دمشق، 1982).

(2) انظر أيضاً: ميتكالف. ادي، هندسة الصرف الصحي، المعالجة- التخلص- إعادة الاستعمال (ملك غروهيل المندمجة، سنغافورة 1991).

(3) الموسوعة العربية، عمر كرمو، المجلد الحادي والعشرين، ص599

هندسة الطاقة : Energy engineering



مجمعات للطاقة الشمسية لامركزية تجمع الطاقة لتحويلها إلى كهربائية مباشرةً

هندسة الطاقة Energy engineering تعتبر علم هندسة وسيط بين تعدّد من الأفانين[1]، هادفة إلى إتقان استعمال الطاقة بشكل فعّال وآمن ومثمر اقتصادياً وملائم مع البيئة، ويقع في مركز هذا العلم اكتساب وتحويل ونقل وحفظ واستغلال الطاقة بجميع زواياها، ويتنوع مجال عملها بين تطوير تقني لتوليد الطاقة وتطوير تقنيات لرفع نسبة الاستغلال في أنظمة التوليد والاستهلاك، وتعتبر هندسة الطاقة مجال هام من العلم، خاصةً إزاء ازدياد احتياج الطاقة من أجل نمو عدد سكان الأرض في العصر الحاضر، وهذا الأفنون يدرّس على مستوى الجامعات في جميع أنحاء العالم[2].

هندسة الطرق : Road Engineering

تنقسم هندسة الطرق لقسمين أساسين هما:

- إنشاء الطرق.
- هندسة المرور.

حيث تعنى هندسة إنشاء الطرق بالجوانب الإنشائية المتمثلة في دراسة خواص التربة وتحسينها، تصميم طبقات الرصف، الخلطات الإسفلتية وهندسة العلامات

---

(1) Oman, Henry (1986): Energy systems engineering handbook. Prentice-Hall، Englewood Cliffs، ISBN 0-13-277294-9

(2) ويكيبيديا، الموسوعة الحرة، (بتصرف).

الأرضية، بينما تعنى هندسة المرور بدراسة حركة المركبات وتنظيمها بحيث تحقق السلامة والراحة والسرعة للركاب[1].

هندسة الطيران والفضاء: Aeronautical and aerospace engineering

هندسة الطيران والفضاء الجوي هو فرع من فروع الهندسة، وهو العلم المسؤول عن تصميم وبناء الطائرات والمركبات الفضائية، تنقسم هندسة الفضاء الجوي إلى فرعين أساسيين ومتداخلين هما: هندسة الطيران والملاحة الجوية وهندسة الفضاء، الأول يتعامل مع المركبات ضمن الغلاف الجوي للأرض، والثاني يتناول المركبات التي تعمل خارج الغلاف الجوي للأرض، في حين أن "الملاحة الجوية" كانت المصطلح الأصلي، استطاع مصطلح "الفضاء الجوي" وهو الأشمل أن يوقف استخدام الأول وذلك بعدما توسعت تكنولوجيا الطيران لتشمل المركبات العاملة خارج الغلاف الجوي، ويطلق على هندسة الفضاء الجوي بصفة منتظمة علم الصواريخ.

نظرة عامة:

تتعرض المركبات الحديثة لظروف قاسية مثل الاختلافات في الضغط الجوي ودرجة الحرارة، أو الحمولة الهيكلية الثقيلة التي تؤثر على عناصر المركبة، وبالتالي فإنها عادةً ما تكون المنتجات من مختلف التكنولوجيات بما فيها الديناميكا الهوائية، والكترونيات الطيران، وعلوم المواد والدفع، وهذه التكنولوجيات تعرف إجمالاً بهندسة الفضاء الجوي، وبسبب تعقد مجال هندسة الفضاء الجوي قام بوضعه فريق من المهندسين والمتخصصين في كل فروع العلم، إن صناعة وتطوير مركبات الطيران تحتاج إلى اتزان حذر وتوافق ما بين الإمكانيات والتصميم والتكلفة المختلفة.

---

(1) المصدر السابق، (بتصرف).

تاريخ هندسة الطيران:

ترجع بداية هندسة الطيران إلى منتصف القرن الثالث الهجري، فقد ورد في كتاب "المُغرب في أخبار المَغرب" لابن سعيد: أن عباس بن فرناس التاكراني احتال في تطيير جثمانه، فكسا نفسه الريش، فتهيأ له أن استطار في الجو حتى وقع على مسافة بعيدة، وبعده كان ليوناردو دافينشي من أول العلماء الذين فكروا جدياً في الطيران، ورغم أنه لم يبن أياً من المركبات التي صممها وربما لم يكن لها التأثير الملحوظ في عالم الطيران إلا أنه لا يمكن تجاهل تصميماته، ويمكن بمتابعة أوائل مصنعي الطائرات والذين عاشوا في أواخر القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين، ملاحظة أنهم كانوا يعتمدون في أغلب الأحيان على الجهود الفردية سواء التقنية أو المادية، ومع ذلك فقد استطاع كثير منهم الطيران وبإمكانات بسيطة، ولم يبدأ التطور الحقيقي في عالم الطيران إلا بقدوم الحرب العالمية الأولى حيث تحولت صناعة الطيران من مجرد هواية أو مجال استثماري محدود النطاق إلى صناعة عسكرية سريعة التقدم استجلبت خبرات المهندسين والخبراء الذين سعوا مع مرور الوقت إلى بلورة وإنشاء هذا العلم على أسس هندسية صحيحة تعتمد بشكل أساسي على النظريات العلمية بعدما كان هذا المجال يعتمد على الخبرة العملية التي لا يمكن الجزم بقدرتها على تجنب الخطأ، وفي عام 1896 قام العالمان الألمانيان غوستاف وأوتو ليلينتال Lilienthal بصنع أول طائرة شراعية، وقاما بالطيران بها من منحدر وبذلك وضعا أسس تحليق الأجسام الأثقل من الهواء، وقد كانت هذه الطائرة حافزاً للأخوين رايت لتصنيع أول طائرة ذات محرك ومروحة في عام 1903.

رسمياً كان أول من استطاع الطيران بطائرة تطير بدفع ذاتي هما الأخوان رايت وكان ذلك في 17 كانون الأول / ديسمبر 1903، وقد اسميا طائرتهما رايت فلاير.

كانت الحرب العالمية الأولى (1914- 1918) سبباً في تقدم هندسة الطيران تقدماً ملموساً، فقد ازدادت سرعة الطيران من 100 إلى 220كم/سا،

وارتقت في الارتفاع من 1000م إلى 5000م، وازدادت الحمولة من وزن 200كغم إلى 2000كغم، وطرأ تحسن عظيم على شكل الطائرة بحيث أصبحت تعتمد جناحاً واحداً بدلاً من اثنين.

الشكل (1) طائرة نفاثة فوق صوتية

كما كان للطيران دور حاسم في معارك الحرب العالمية الثانية ومن ثمّ في تطوير هندسة الطيران، مما فرض تأسيس معامل ضخمة لإنتاج الطائرات تفي بمتطلبات الحرب، وتعتمد منهجيات جديدة في الإنتاج، وظهرت الطائرات ذات الهيكل المعدني (من الألمنيوم)، وجرى تطوير قاذفات القنابل بعيدة المدى وذات سرعات وحمولات وأمدية كبيرة، كما تم تطوير محركات مكبسية خفيفة الوزن وذات استطاعات كبيرة، وقام الألمان في أواخر الحرب العالمية الثانية عام 1944 بتطوير أول طائرة ذات محرك نفاث Junker بلغت سرعتها نحو 500كم/سا، بيد أن انتهاء الحرب بخسارة ألمانيا نقل تطوير هذا النوع الجديد من الطائرات إلى كل من الولايات المتحدة الأمريكية وفرنسا من جهة والاتحاد

السوفييتي (سابقاً) من جهة أخرى، وقد أسهم سباق التسلح في دفع علوم الطيران وهندسته بصورة كبيرة حيث ظهرت الطائرات التي تطير في مجال قريب من سرعة الصوت subsonic والطائرات التي تطير بسرعات فوق صوتية supersonic وتلك التي تطير بسرعات ما فوق صوتية hypersonic.

الشكل (2) صورة لطائرة نقل ركاب عملاقة

تم تطوير طائرات ركاب عملاقة تستطيع نقل أكثر من 500 راكب دفعة واحدة مسافة عشرات الآلاف من الكيلومترات وبسرعات قريبة من سرعة الصوت (الشكل 2)، وزودت بنظم تحكم وتوجيه إلكترونية تساعد الطيار على قيادة الطائرة في مختلف شروط الطيران على نحو أمثل وبطيار آلي يعمل على قيادة الطائرة آلياً دون تدخل الطيار وفق مسار محدد مسبّقاً من قبله، وأصبحت الطائرات المقاتلة تحمل القنابل والصواريخ الموجّهة والذكية، وقد سمح تقدم نظم التحكم والتوجيه للطائرات بتطوير طائرات من دون طيار تعمل في مجال الاستطلاع أو في الاستخدام القتالي[1].

أول تعريف لهندسة الفضاء الجوي ورد في شباط/ فبراير 1958، وقد نظر التعريف إلى الغلاف الجوي للأرض والفضاء الخارجي كوحدة واحدة، وهو ما جعله يضم كلاً من الطائرات (الجوي) والمركبات الفضائية (الفضاء) تحت كلمة علم الفضاء الجوي التي صيغت حديثاً[2].

(1) DANIEL P. RAYMER, Aircraft Design: A Conceptual Approach (American Institute of Aeronautics & Ast; 2006).

(2) ويكيبيديا، (بتصرف).

هندسة الطيران:

تهدف هندسة الطيران إلى وضع التصاميم وتطوير التقانات اللازمة لبناء طائرة بمواصفات محددة وبأقل وزن وأعلى أمان ممكنين.

إن أهم محاور هندسة الطيران هي:

1- دراسات جدوى لتحديد المواصفات الأساسية المطلوبة (وزن، سرعة، ارتفاع، مدى، مناورات، المحرك الدافع...).

2- حساب القوى "الإيروديناميكية" (عند الإقلاع والهبوط والطيران المنتظم على ارتفاعات وسرعات مختلفة) وتحديد شكل الجناح في ضوء شروط الجريان.

3- التصميم الإنشائي لأجزاء الطائرة (الجناح، الذيل، الجسم) مع مراعاة عامل أمان مقبول وظاهرة التأثير المتبادل بين القوى "الإيروديناميكية" والمقاومة الإنشائية aeroelasticity.

4- حساب قوة الدفع المناسبة وتحديد مواصفات المحرك أو المحركات.

5- استقرار الطائرة وتوجيهها وتصميم نظام التحكم اليدوي والآلي.

6- تصميم تجهيزات الإقلاع والهبوط.

7- تحديد مواصفات التجهيزات المساعدة (الاتصالات، الرادار، التدفئة والتكييف، توليد الطاقة...).

8- توصيف حمولات الطائرة الممكنة سواء أكانت مدنية أم عسكرية.

وبعد انتهاء التصميم يتم تصنيع نموذج مصغر بمقياس 1/10 أو 1/20 يجري اختباره في نفق هوائي حيث يتم تثبيت النموذج على منظومة ميزان ثلاثي المحاور لقياس القوى والعزوم المؤثرة عليه عند تعرضه لتيار من الهواء داخل النفق بسرعة مناسبة تفرضها قوانين تشابه الجريان، وفي ضوء نتائج هذه القياسات يتم إدخال التعديلات المناسبة على النموذج للوصول إلى المواصفات الموجودة، وبعد ذلك يتم تحديث الدراسات المذكورة أعلاه وصولاً إلى التصميم النهائي(1).

(1) JOHN D. ANDERSON, Introduction to Flight (McGraw Hill Higher Education 2004).

هندسة الفضاء: Space Engineering

هندسة الفضاء هي فرع من الهندسة خلف التصميم والإنشاء والعلم، علم الطائرات وعلم الطائرات الفضائية، هندسة الفضاء تتضمن فرعان رئيسيان: هندسة الطيران وهندسة الفلك، الأول يتضمن التعامل مع الطائرات ضمن وجودها داخل الغلاف الجوي، الثاني يعني أن الطائرة قد غادرت الغلاف الجوي للأرض.

تكون الطائرة قبل مغادرتها للغلاف الجوي تحت تأثير الجاذبية الأرضية، يتعامل مهندسو الطيران مع الجاذبية وكيفية التغلب عليها، أما مهندسو الفلك فيتعاملون مع قوة الطرد المركزي التي تجعل الأرض ثابتة في مكانها لا تقترب أو تبتعد عن الشمس، إن احتمالية نجاة قائد الطائرة العادية لا تتجاوز 10٪، أما المركبة الفضائية فتكاد تكون صفراً، ذلك أن قائد الطائرة سوف يهبط إلى الأرض ولو بعد حين، أما الآخر فلربما ابتعد عن الأرض ولن يعود أبداً[1].

بدأت هندسة الفضاء عندما أطلق الاتحاد السوفييتي أول قمر صناعي سبوتنيك Sputnik عام 1957، وقام بالدوران حول الكرة الأرضية عدداً من الدورات قبل سقوطه واحتراقه في طبقات الجو الخارجي، وقد أشعل إطلاق هذا القمر حرباً تنافسية بين الاتحاد السوفييتي من جهة والولايات المتحدة الأمريكية وبقية الدول الغربية من جهة أخرى، انطلاقاً من قيام الاتحاد السوفييتي بإطلاق أول رائد فضاء (غاغارين Gagarin) إلى الفضاء ثم إعادته سالماً إلى الأرض، تلا ذلك إطلاق برنامج فضائي طموح (برنامج أبولو) أشرفت عليه مؤسسة الفضاء الأمريكية "ناسا" NASA لاستكشاف القمر حيث تم تطوير صواريخ عملاقة متعددة المراحل تحتوي في مقدمتها على قمرة القيادة التي تحتوي على رواد الفضاء للتحكم والتوجيه وإرسال الصورة بالرادار إلى الأرض، وقد أمكن هبوط أول إنسان على القمر في عام 1969.

---

(1) ويكيبيديا، (بتصرف).

الشكل (3) صاروخ ساتورن مع مكوك الفضاء

تلا ذلك في كل من الاتحاد السوفييتي والولايات المتحدة الأمريكية تطوير مكوك فضائي قابل للإطلاق والاستعادة عدة مرات ويحمل إضافة إلى رواد الفضاء شحنة فضائية، مثل قمر صناعي أو أجزاء من مركبة فضائية يتم تركيبها في الفضاء أو مؤونة لرواد الفضاء الموجودين في مركبة فضائية، الشكل (3)، وتلا ذلك تطوير مخبر لأبحاث الفضاء Skylab وجرى تجميعه في الفضاء ليكون مستقراً لرواد الفضاء الراغبين في القيام بأبحاث فضائية أو مراقبة الكرة الأرضية، وتم وضع مرصد فلكي ضخم Hubble space telescope في مسار حول الأرض، وتمكن من سبر أعماق الكون والتقاط صور لنجوم وشموس ومجرات لم تكن معروفة.

كما جرى إرسال عدد من المجسّات إلى كل من المريخ والمشتري لاستكشافهما وإرسال صور لسطحهما، على نحو مواز لهذه البرامج قامت عدة دول بإطلاق أقمار صناعية خاصة بها إما لأغراض الاتصالات وإما لأغراض الاستطلاع والتجسس النهاري والليل وإما لأغراض البث التلفازي، إذ يتم إطلاق

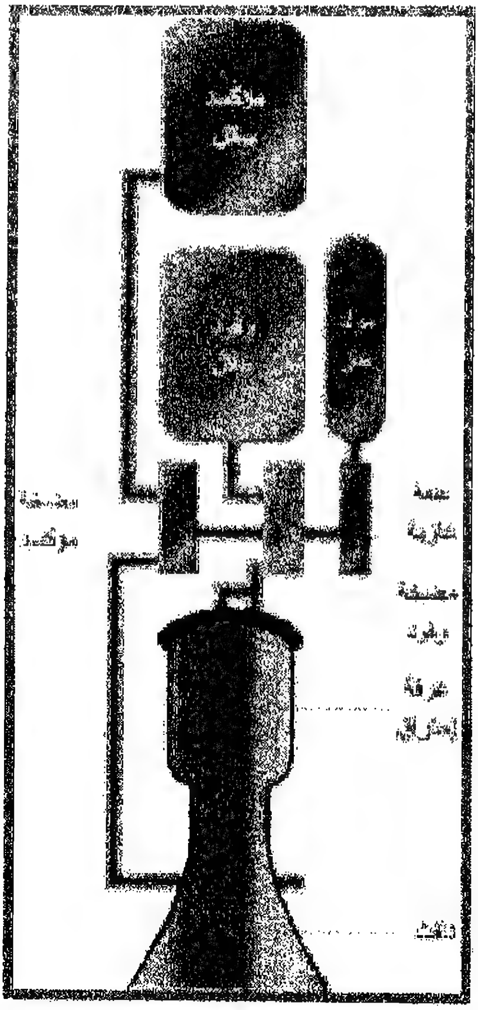
هذه الأقمار بوساطة صواريخ إلى الارتفاع والسرعة المطلوبين، ويُميز هنا نوعان من الأقمار الصناعية:

- أقمار ذات مسار منخفض (800- 1000كم) فوق سطح الأرض تدور حول الأرض دورة كل ساعة تقريباً، وهذه غالباً ما تكون أقمار استطلاع وتجسس.

- أقمار تتوضع على ارتفاع 32000كم فوق سطح الأرض، وتدور بالسرعة الزاوية للأرض نفسها بحيث يبقى القمر فوق نقطة معيَّنة فوق الأرض، وتستخدم هذه الأقمار للاتصالات التلفازية حيث تتلقى الإشارة من الأرض، ثم تعيد بثها إلى جهة أخرى من الكرة الأرضية[1].

تتفرع هندسة الفضاء إلى الاختصاصات الآتية:

- علم المسارات: تحديد مسار القمر الصناعي وتغيّر سرعته مع الزمن وتأثر هذا المسار بالقمر والشمس وبقية النجوم القريبة وتحديد المناطق التي يمر فوقها مع الزمن.



الشكل (4) محرك دافع يستخدم الوقود السائل

(1) BERNARD ETKIN & LLOYD DUFF REID, Dynamics of Flight: Stability and Control (Wiley 1995).

المحركات الدافعة: هي محركات صاروخية غالباً ما تستخدم الهيدروجين السائل وقوداً والأوكسجين السائل مؤكسداً، حيث يتم الاحتراق في غرفة الاحتراق، ومن ثم تخرج غازات الاحتراقات عبر نافث متقارب- متباعد لإيصالها إلى سرعة فوق صوتية مولّدة الدفع المناسب (الشكل 4)، غالباً ما يكون الصاروخ الدافع مؤلفاً من عدة مراحل وذلك للحصول على كفاءة عليا، ويتم حالياً العمل على تطوير محركات تعتمد الوقود النووي لتنفيذ رحلات فضائية طويلة.

- الإنشاءات: لدى انطلاق الصاروخ يتعرض الهيكل الحامل والقمرة أو المكوك لتسارعات وإجهادات واهتزازات تتطلب دراسة إنشائية.
- التسخين الحراري والعزل: عندما يدور القمر الصناعي أو المركبة الفضائية أو المكوك الفضائي حول الأرض فإنه يكون تارةً في مواجهة الشمس حيث ترتفع درجة حرارته الخارجية لأكثر من 200 درجة مئوية وتارة خلف الأرض وفي ظلها حيث تنخفض درجة حرارته الخارجية إلى 60 درجة مئوية تحت الصفر، ويولد هذا الاختلاف الكبير في درجة الحرارة التي يتعرض لها القمر الصناعي أو المركبة الفضائية إجهادات حرارية ميكانيكية مهمة يجب الانتباه لها عند التصميم والعمل على عزل المركبة للحفاظ على درجة حرارة داخلية مناسبة، وتزويدها بنظام تكييف مناسب، وعند عودة مكوك الفضاء إلى الأرض بسرعة كبيرة (28000كم/سا) يحتك الهواء مع سطح المكوك مما يرفع درجة الحرارة إلى درجة انصهار جداره الخارجي لذلك يتم عزل المناطق التي سوف تتعرض لدرجات حرارة عالية بصفيحات من السيراميك الحراري.
- التحكم: إن التحكم بإطلاق القمر الصناعي أو المكوك وتشغيل المحركات الدافعة وإيقافها وإيصاله إلى السرعة والمسار المطلوبين وتوفير استقراره ودرجة حرارته الداخلية وتزويده بالطاقة الكهربائية هي أمور معقدة، لذلك تتم كل أعمال القيادة والمراقبة وإعطاء الأوامر والتحكم من المحطة الأرضية ولا يتدخل رواد المكوك أو المركبة إلا عند الضرورة وفي حالات الطوارئ، وهذا يوضح أن

هندسة الفضاء أسهمت بتطوير منظومات التحكم والمراقبة عن بعد، مما سمح بإطلاق مسابر آلية إلى المريخ والزهرة والفضاء.

كما أن المحافظة على استقرار القمر الصناعي على مساره تتطلب توفير منظومة طيار آلي تتألف من جايروسكوبات (مدوارات) وحساسات وحاسبات تدقق مسار القمر أو المركبة في كل لحظة، وتصدر الأوامر إلى محركات دفع صغيرة تقوم بالعمل عند الحاجة لتصحيح الوضع والمسار.

- توليد الطاقة: غالباً ما يتم توليد الطاقة الكهربائية الضرورية لعمل القمر الصناعي أو المركبة بوساطة خلايا شمسية photocells تحول الأشعة الشمسية إلى طاقة كهربائية يتم تخزينها في بطاريات مناسبة، وهذا ما أدى إلى تطوير صناعة اللواقط الشمسية ذات المردود المرتفع.
- الاتصالات والمعلوماتية: نتيجة للتحكم بالقمر أو المركبة عن بعد ومراقبته من قبل غرفة التحكم و المراقبة الأرضية فقد برزت الحاجة إلى تطوير منظومات اتصالات سريعة جداً وأمينة تقوم بنقل المعلومات من القمر أو المركبة وإليهما ومعالجتها بوساطة منظومات متطورة وأمينة وسريعة.
- الاستشعار عن بعد: إن إمكانية تحليق القمر الصناعي فوق أيّ نقطة من نقاط الكرة الأرضية وضع في أيدي علماء البيئة والجيولوجيا والزراعة وكذلك في أيدي العسكريين وسيلة فعالة جداً للاستشعار عن بعد وللاستطلاع، وللاستفادة من ذلك تم تطوير نظم استشعار عن بعد واستطلاع تعتمد مبادئ فيزيائية مختلفة تمكنها من العمل في مختلف الشروط الجوية، فهناك أجهزة تصوير بصرية نهارية وأجهزة تستخدم الأشعة تحت الحمراء، وكذلك تم استخدام الرادار للتصوير مخترقاً طبقات الأرض عدة أمتار، وقد أصبح بالإمكان تعرف أجسام على سطح الكرة الأرضية لا يزيد طولها على 2م، وهناك بعض الأقمار الصناعية العسكرية التي تستطيع تعرف أجسام طولها بحدود 30سم فقط، وقد أصبح بالإمكان استطلاع أيّ نقطة على الكرة الأرضية وبوساطة صور فضائية تجارية أو بوساطة الانترنت.

- بحوث في مجال الحياة في الفضاء: إن غزو الفضاء فرض على العلماء دراسة أثر انعدام الجاذبية في جسم الإنسان والكائنات الحية الأخرى أو تعرضه لتسارعات كبيرة عند انطلاقه إلى الفضاء أو العودة منه، كما أن دراسة بعض الظواهر الفيزيائية في حقل عديم الجاذبية أصبحت أحد مجالات البحوث الفضائية[1].

هندسة عسكرية: Military engineering

الهندسة العسكرية military engineering مجموعة التدابير الهندسية التي تنفذ لمساعدة القوات المقاتلة على القيام بمهامها القتالية في المعركة وعرقلة أعمال العدو، ومن أهم هذه التدابير الاستطلاع الهندسي وتجهيز الأرض للدفاع أو الهجوم وتعزيز القوات بالوحدات والتجهيزات الهندسية.

لمحة تاريخية:

لجأت الجيوش منذ القدم إلى تنفيذ بعض الأعمال الهندسية التي تتعلق بإنشاء الطرقات، ولاسيما الطرقات الرومانية، وإنشاء الحصون ونقب حصون العدو، ونشر بعض عتاد الحرب وما إلى ذلك.

وفي العصر الإسلامي ظهرت الهندسة المتخصصة إلى جانب الفرسان والمشاة، وسميت وحداتها بالمعماريين والنقابين للقيام ببعض مهام الهندسة العسكرية البسيطة، وكان أفرادها يزودون بالمعاول والفؤوس والمجارف والمناشير والحبال علاوة على أسلحتهم من السيوف والتروس، وقد تطور عمل هذه الوحدات ليشمل شق الطرق وتجهيز المخاضات على العوائق المائية وإقامة الحصون والأبراج وتجهيزها بكوى الرمي وحفر خنادق الماء حولها وصنع المجانيق ونصبها وصنع دبابات نقب الحصون، إضافة إلى نقب حصون العدو.

وفي أوروبا تطورت هذه الوحدات وخصوصاً في فرنسا في عهد لويس الرابع عشر Louis xiv ت(1643- 1715) الذي أسس سلاح المهندسين بمساعي

---

(1) الموسوعة العربية، معن العظمة، المجلد الحادي والعشرين، ص605، (بتصرف).

مارشال فرنسا سباستيان فوبان Sébastien Vauban المفوض العام للتحصينات (1678) الذي اشتهر بإقامة التحصينات في العديد من ميادين القتال. وتأسست المدرسة الملكية الهندسية العسكرية الفرنسية في ميزيير Mézières (من أعمال الآردن Ardenne).

نشطت أعمال الهندسة العسكرية في الحروب الحديثة مع تطور العتاد وفن الحرب، فازدادت المعدات الهندسية تعقيداً وتنوعاً، كما تطورت أعمال التحصينات والحواجز الهندسية، وخصوصاً الألغام والملاغم ووسائل مكافحتها على نطاق واسع إلى جانب التمويه.

قوات الهندسة العسكرية:

إن قوات الهندسة العسكرية engineer corps قوات تخصصية تعمل على تنفيذ مهام التأمين الهندسي لصنوف القوات الأساسية والخاصة، وتقسم إلى قوات هندسة الميدان engineer field units أو النقابين sappers، وقوات هندسة خاصة تتألف من وحدات الطرق والجسور ووسائل العبور ووحدات إنشاء معمارية وغيرها، يعدّ القائد المشترك المنظم الرئيسي لتدابير الهندسة العسكرية، ويتبع له رئيس الهندسة العسكرية chief engineer الذي يقوم بدوره بوضع خطة التأمين الهندسي، ويشرف على تنفيذها.

مهام التأمين الهندسي:

مع اتساع مسرح الأعمال القتالية وتقدم التقانة وابتكار وسائل التدمير المعقدة ازدادت أعمال التأمين ضخامة، واتسع نطاقها، وتوجب على قوات الهندسة توفير ما يساعد القوات المقاتلة على خوض أعمال الدفاع، ويسهل تقدمها في الهجوم، إضافة إلى عرقلة أعمال العدو في مختلف أنواع الأعمال القتالية.

1- التأمين الهندسي في الدفاع ويشمل[1]:

- الاستطلاع الهندسي للعدو والأرض بإنشاء مراصد الهندسة وتسيير الدوريات الهندسية.

(1) انظر أيضاً: آ.آ. دور ميدونتوف ورفاقه، المرجع في الهندسة العسكرية (موسكو 1995) (باللغة الروسية).

- تحصين الأرض في نطاق الحيطة ونطاقات الدفاع بإنشاء شبكة خنادق trenches وخنادق المواصلات communication trenches والملاجئ المزودة بأجهزة التصفية والتهوية، وتضم الخنادق عادة مساند للرمي من أسلحة المشاة ومخابئ وملاجئ خفيفة ومرابض للدبابات، ومساتر للمركبات، ومرابض أساسية وتبادلية للمدفعية وللمدفعية المضادة للطائرات (م/ط)، ومقرات القيادة والرصد، وخطوط انتشار القوات المقاتلة والاحتياطات المضادة للدبابات (م/د)، إضافة إلى تحصين منشآت المؤخرة.
- زرع حقول الألغام والملاغم أمام نطاق الحيطة والحد الأمامي للدفاع ونطاقات الدفاع ومواضع تمركز القوات وعلى الجوانب، وأمام خطوط انتشار الاحتياطات م/د، إضافة إلى تحصين المؤخرات.

تقسم حقول الألغام إلى حقول ألغام مضادة للمشاة (م/أ) وحقول ألغام مضادة للدبابات (م/د)، وتزرع الألغام مطمورة في الأرض، أو على سطح الأرض قبل المعركة وفي أثنائها.

- إقامة حواجز وموانع وسواتر مختلفة: ترابية أو إسمنتية أو معدنية أو خشبية كالمحطومات والمتاريس والجُدُر excarp والجُدُر المعاكسة والخنادق المضادة للدبابات وأضراس التنين والقنافذ والكتل الإسمنتية الشائكة وحواجز الأسلاك، مثل السياج الشائك والأسلاك الحلزونية concertina والقنافذ الشائكة.
- شق الطرقات الطولانية والعرضانية.
- نصب الجسور الميكانيكية والطوفية والمرتجلة.
- تجهيز نقاط التزويد بالماء.
- إنشاء الملاجئ shelters.
- التمويه camouflage، وهو أحد تدابير التأمين القتالي والعملياتي، ويهدف إلى إخفاء القوات المقاتلة عن الرصد المعادي، وتضليل العدو فيما يتعلق بانتشار القوات وأعمالها ونواياها.

يقسم التمويه إلى تمويه قتالي (سلبي)، بدءاً من اللباس المموه وتمويه السلاح والعتاد القتالي والهندسي وصولاً إلى تمويه الحواجز على اختلافها وأعمال التحصين والطرقات ومقرات القيادة والرصد وخطوط انتشار القوات المقاتلة وأغراض المؤخرة ومناطقها ومحاور الإمداد والإخلاء.

وتمويه عملياتي عن طريق القيام بأعمال تظاهرية demonstration ومزيفة، تقلد تحشد القوات وأسلحتها وعتادها ومناطق تمركزها ونشاطها وأغراض المؤخرة وطرق الإمداد والإخلاء في فترة الإعداد للمعركة أو في أثنائها، وتعمل الأركان العامة أو أركان الجبهة على تنظيم التمويه العملياتي بما يتفق وخطط أعمال القتال.

يتطلب تمويه السلاح والعتاد والمنشآت وأعمال التحصين مهارة فائقة، فاللون أو مجموعة الألوان المستعملة في التمويه التي تبدو منسجمة مع محيطها من ارتفاع معين، قد تصبح عنصراً فاضحاً من ارتفاعات أخرى، ويحتاج الأمر إلى خبرة واسعة في مجال المزج بين اللون ودرجة لمعان السطوح وعكسها للضوء.

- الأعمال الهندسية المضادة للإنزالات البحرية، مثل إقامة الحواجز في الماء على أعماق مختلفة وعلى الشاطئ، إضافة إلى الألغام.
- تعزيز القوات المقاتلة بوحدات الهندسة.

2- التأمين الهندسي في الهجوم: تقوم قوات الهندسة في مرحلة الإعداد للهجوم، بتجهيز مناطق تحشد (انتظار) القوات وشق محاور التحرك نحو خط الزج في القتال وتأمين الفتح بتراتيب القتال وإعداد مرابض المدفعية والمدفعية م/ط من أجل التمهيد الناري وإنشاء مقرات القيادة والسيطرة وتعزيز القوات المقاتلة بوحدات المهندسين، ومع بداية الهجوم تقوم قوات الهندسة بفتح الثغرات في حقول الألغام م/د وم/أ الصديقة والمعادية باستخدام الحشوات المتطاولة والأفاعي الطائرة المزودة بمحرك صاروخي، إضافة إلى استخدام كاسحات الألغام mine exploders التي تدفعها الدبابات واستخدام الحشوات المتطاولة التقليدية التي تجرها خلفها لتوسيع الثغرات، كما تستخدم- لفتح الثغرات في

الحواجز الترابية وشق الطرق أمام القوات المهاجمة- القواحط المدرعة tankdozers وغيرها من المعدات الهندسية، وفي أثناء تطوير الهجوم تقوم قوات الهندسة بإعداد مرابض تبادلية لتنقل المدفعية والمدفعية م/ط وزرع حقول ألغام مرتجلة hasty minefields بزارعات الألغام (أو الحوامات على اتجاهات مناورة العدو) بالتعاون مع الاحتياط م/د، كما تتابع فتح الثغرات أمام القوات المهاجمة، وإقامة الجسور الطوافية والعوامات أو الجسور العائمة لعبور العوائق المائية، كذلك تنفيذ جميع الأعمال الهندسية التي تساعد على التشبث بالخطوط المستولى عليها أو رؤوس الجسور، وتجهيز المساتر والمساند والمراصد لمقرات القيادة والرصد عند تنقلها[1].

خصائص التأمين الهندسي البحري:

تتميز أعمال الهندسة البحرية بضخامة الألغام التي تزرعها على اتجاهات عمل سفن العدو، وقد تبلغ الحشوة المتفجرة 350كغم للغم الواحد فأكثر.

والألغام البحرية على أنواع منها الألغام القاعية والألغام الطافية والألغام الغائصة، ومنها ما يثبت بمرساة تشده إلى القاع، وتقسم بحسب مبدأ عملها إلى ألغام طرقية contact وغير طرقية (مغناطيسية magnetic، أو تحريضية inductine أو هيدروديناميية hydrodynamic أو صوتية acoustic أو مختلطة)، تزرع الألغام البحرية بوساطة السفن أو بإسقاطها من الطائرات، في حين تقوم كاسحات الألغام mine sweepers بكسح ألغام العدو وتفجيرها.

المعدات الهندسية:

من أبرز المعدات الهندسية العسكرية حفارات الخنادق excavating machines، والمسويات الآلية motor graders (المحمولة على عربات أو دبابات)، وآليات شق

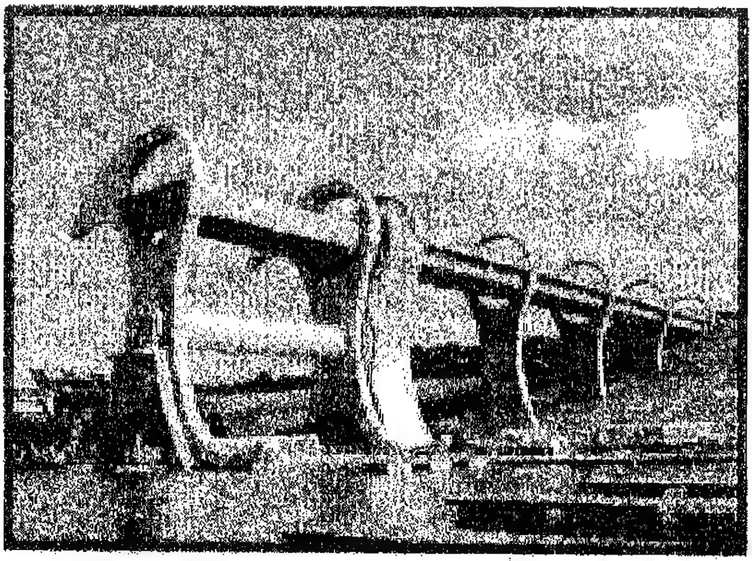
(1) انظر أيضاً: هاني صوفي، المعجم التقني الحربي المصور (هيئة التدريب في القوات المسلحة، دمشق، 1982).

الطرق track layers، وقواحط الدبابات tankdozers، وعربيات الإنـزال البرمائية، وآليـات نـصب الجـسور (الجـسور الميكانيكيـة الخفيفة أو الثقيلة "المحمولـة علـى دبابـات")، ومجموعـات الأطـواف، وكاسـحات الألغـام mine exploders المحمولـة على الدبابات، ومع تعاظم قدرات التقانة وتنوع مهام الطائرات والحوامات والسفن والتحكم الإلكتروني والإشعاعي تزداد إمكانات الهندسة العسكرية في مضماري الهجوم والدفاع ازدياداً متعاظماً[1].

هندسة مدنية : Civil engineering

الهندسة المدنية civil engineering هي أحد فروع الهندسة والمعنية بدراسة وتصميم وتحليل المشيدات البشرية كالأبينـة والطـرق والجـسور والأنفـاق والمطـارات والموانئ وشبكات الصرف الصحي والسدود وتنفيذها وكذلك مشاريع الري من ترع وقنوات، لذا لا يجوز حصر هذا العلم بأنه العلم المعني بالتصميم وحده فقط.

وهي كأي علم تتطور باستمرار ودون توقف وفي الآونة الحديثة ترابطت مع التطور الصناعي بشكل كبير لإنتاج مواد إنشائية جديدة ومتطورة تفي بالمتطلبات المتزايدة.



(1) الموسوعة العربية، هاني صويلح، المجلد الحادي والعشرين، ص609، (بتصرف).

ومن الأمثلة على ذلك البلاستيك المدعم بالألياف والمسمى Glass Reinforced Polymer/Plastics وتختصر GRP والذي يعد مادة خفيفة الوزن وذات صلابة عالية تقارب صلابة الصخر وتصنع بقوالب حسب التصميم المطلوب واللون المطلوب، فتستطيع الحصول على مبنى بأقواس وقناطر وواجهات كأنها حجرية ولا يمكن تمييزها إلا بصعوبة وبنفس الوقت وزنها لا يساوي 20٪ من وزن نفس الحجم من الحجر الطبيعي، كذلك الخرسانة المسلحة بالألياف وخاصة الألياف الزجاجية Glass Reinforced Concrete والمعروفة بالـ GRC والتي تمتاز بالقوة الكبيرة والمتانة.

تاريخ الهندسة المدنية:

ليس من المبالغ القول بأن الهندسة المدنية هي أعرق وأقدم فروع الهندسة وأكثرها التصاقاً بنشأة الإنسان وتطوره عبر السنين والعصور، بعد الهندسة العسكرية، وسميت "مدنية" لتمييزها من الهندسة العسكرية.

يصعب تحديد تاريخ نشأة وبداية الهندسة المدنية، إلا أن تاريخ الهندسة المدنية هو مرآة لتاريخ البشر على هذه الأرض، فالإنسان القديم عندما يحتمي بالكهوف من عوامل الطقس والبيئة القاسية، وعندما يستغل جذع شجرة لعبور نهر فهذا من صميم الهندسة المدنية، لقد ولدت مع ولادة الإنسان الأول مذ بدأ البحث عن مأوى يضمه.

ويمكن القول: إن الهندسة المدنية بدأت في الفترة بين الألف الرابع والألف الثاني قبل الميلاد عندما بدأ الإنسان يستقر تاركاً حياة البداوة nomadic، وتزايد الطلب على المأوى، وتزايد الطلب على وسائل النقل، مما أدى إلى اختراع الدولاب والمراكب الشراعية.

وعبر العصور والسنين تقف معالم الهندسة المدنية شاهداً على حضارات الشعوب وعلى بلوغ الهندسة المدنية لمواقع مهمة في تاريخ وحياة تلك الحضارات والشعوب... فأهرامات الجيزة في مصر وحدائق بابل المعلقة وسور الصين العظيم ما

هي إلا شواهد مدنية قائمة على تطور حضارات تلك الشعوب ورقيها، ويعلم الجميع بأن ما يقال عن عجائب العالم السبعة ما هي إلا معالم من منجزات مهندسي تلك الشعوب وتلك الحضارات.

حيث تم بناء سور الصين العظيم في فترة قياسية لا تزيد عن عشر سنوات، وبطول يزيد عن 2500 كيلومتراً، وكان ذلك سنة 200 قبل الميلاد، وفي الإمبراطورية الرومانية كانت شبكات الطرق المعبدة بالآجر تربط مدن الإمبراطورية وتدعم سيل التجارة.

ولعل أول ذكر لكلمة الهندسة المدنية قد جاء في تاريخ الإمبراطورية الرومانية حيث صنفت الهندسة لفرعين هما الهندسة العسكرية، وتعنى بالقلاع والحصون وتطوير السلاح، والهندسة المدنية وتعنى بالإنسان واحتياجاته مثل تشييد المساكن وتعبيد الطرق وبناء الجسور والسدود وشق القنوات للزراعة وجلب الدولة الإسلامية، حيث تفنن البناؤون والمهندسون العرب في بناء المساجد والكنائس التي لا تزال قائمة تؤدى الصلوات فيها حتى الوقت الحاضر كأكبر شاهد على فن العمارة الإسلامية والمسيحية الراقية... وغيرها الكثير من القصور والدور التي لا يزال الناس يسكنون فيها حتى يومنا هذا.

وكانت تدل كلمة مهندس قديماً على المعمار، فقد استعمل مصطلح الهندسة المدنية أول مرة في القرن الثامن عشر، وأول من لُقب مهندساً مدنياً هو جون سميتُن John Smeaton الذي بنى منارة إدّيستون Eddystone Lighthouse، ومنحت أول شهادة هندسة مدنية في الولايات المتحدة الأمريكية عام 1835 في معهد رنسلر بوليتكنيك Rensselaer Polytechnic Institute.

تنقسم الهندسة المدنية في معظم الجامعات إلى هندسة الطرق والمواصلات (تختص بالشوارع والطرق والجسور وأنواعها)، وتهتم بالناحية المرورية، ومن علومها الأساسية علم المساحة، وإلى الهندسة الإنشائية (وتختص بالناحية الإنشائية لجميع المنشآت) ومن علومها الأساسية خواص المواد وتصميم المنشآت الخرسانية والمعدنية

وكذلك تحليل المنشآت، وإلى هندسة المياه والبيئة (وتختص بالمياه الجارية والمالحة (العادمة) والصرف الصحي والسدود وجمع النفايات الصلبة والسائلة ومعالجتها).

يحمل المهندس المدني في هذه الأيام درجة علمية تسمى بكالوريوس علوم bachelor of science، وتسميها بعض الجامعات بكالوريوس هندسة bachelor of engineering، ويدرس الطالب للحصول على هذه الدرجة مدة أربع إلى خمس سنوات مقررات في الفيزياء والرياضيات وإدارة المشروعات والتصميم وموضوعات محددة أخرى في الهندسة المدنية، ويمثل الحصول على هذه الدرجة في أغلب بلدان العالم الخطوة الأولى لنيل الشهادة المهنية professional certification، وبعد أن يتخرج المهندس في الجامعة يجب أن يحقق مجموعة من المتطلبات كي يُسمح له بممارسة المهنة، مثل الحصول على الخبرة العملية إضافة إلى امتحان يجب أن يجتازه، ويسمى عندها مهندساً محترفاً professional engineer في أمريكا، أو مهندساً مجازاً chartered engineer في كل من بريطانيا وأيرلندا والهند، أو مهندساً أوروبياً European engineer في معظم دول الاتحاد الأوروبي، وفي أغلب دول العالم لا يسمح للمهندس بوضع توقيعه وخاتمه على المخططات وإعدادها لأيّ جهة ما لم يكن قد سمح له بممارسة المهنة.

المهندس المدني في معظم المشروعات هو المهندس المسؤول عن جميع ما يتعلق بالمشروع من أعمال تصميم أو إنشاء وعن الربط بين جميع العاملين بالمشروع وجميع الأعمال التي يجري تنفيذها ولو لم تكن من اختصاصه، كالأعمال الكهربائية أو الميكانيكية، وتعد الإدارة الهندسية للمشروع من أهم العناصر المساهمة في إنجاح العمل أو فشله، وهي فرع آخر متطور وجديد من فروع الهندسة المدنية، بيد أنه لم يأخذ دوره الكامل في بعض البلدان بعد لأسباب عديدة، منها العوامل الاقتصادية التي تنعكس على حجم المشروعات ونفقاتها عامة.

تقسم الهندسة المدنية تقليدياً إلى عدة أقسام أهمها ما يأتي:

- الهندسة البيئية: environmental engineering

تعنى الهندسة البيئية بتطبيق مبادئ العلم والهندسة لتحسين البيئة بغية توفير مياه صحية وهواء غير ملوث وأرض صالحة لإقامة الإنسان، ولذلك تهتم الهندسة

البيئية بأساليب السيطرة على تلوث الماء والهواء ومعالجة المخلفات والنفايات وكل ما له علاقة بالصحة العامة من قضايا ومعارف وقوانين إضافة إلى دراسة تأثير إنشاء المشروعات في البيئة.

يقوم مهندسو البيئة environmental engineers بالدراسات الضرورية لإدارة النفايات الخطرة ومن ثم التخلص منها وتقييم أثرها في البيئة ووضع التعليمات المناسبة لمعالجتها واحتوائها، هذا كله إضافة إلى دورهم التقليدي في تصميم شبكات تزويد المدن بالمياه الحلوة وتنفيذها وتصميم شبكات المياه المالحة (العادمة) ونظم معالجتها، سواءً كانت بيولوجية أم صناعية؛ كذلك يقوم مهندسو البيئة بتطبيق مبادئ العلم والهندسة على عمليات الاحتراق لتخفيض كمية الملوثات التي تنطلق في الهواء إلى حد مقبول، كأكاسيد النتروجين وأكاسيد الكبريت وثاني أكسيد الكربون والمركّبات العضوية الطيارة والغازات العضوية النشطة وغيرها من الغازات الملوثة للهواء.

- الهندسة الإنشائية: structural engineering

تعنى الهندسة الإنشائية بتصميم الجمل الإنشائية systems structural التي تسند أنواع الأحمال المختلفة، وتقسم هذه المنشآت إلى أبنية ومنشآت أخرى غير الأبنية nonbuilding structures.

تعدّ الهندسة الإنشائية من أقدم المهن في العالم، وتعود على الأقل إلى الألف الثالث قبل الميلاد عندما شرع المصريون القدماء في بناء الأهرام في عصر الأسرة الرابعة، ومع ذلك ليس هناك سجل يدل على الحسابات الأولى لمقاومة العناصر الإنشائية أو لسلوك مادتها، ويعدّ غاليلو Galileo مؤسس المقاربة العلمية للهندسة الإنشائية في القرن السادس عشر، حيث عدّ ذلك بداية للتحليل الإنشائي، وحصل تطور كبير على الهندسة الإنشائية عندما طور جوزيف مونييه Joseph Monier في عام 1868 الخرسانة بإضافة فولاذ التسليح إلى الخرسانة الإسمنتية ليحسن أداءها الهش، وفي عام 1889 شيد غوستاف إيفل Gustave Eiffel برجه في باريس من الحديد الصب cast iron، وفي عام 1928 اخترع أوجين فريسينيه Euègne

Freyssinet الخرسانة مسبّقة الإجهاد prestressed concrete ليتغلب على ضعف مقاومة الخرسانة على الشد[1].

يقوم المهندسون الإنشائيون بتصميم العناصر والجمل الإنشائية لتحقيق اشتراطات أمان محددة تحت تأثير الأحمال في حدها الأقصى، ويقومون أيضاً بتحقيق هذه العناصر والجمل وفقاً لاشتراطات أخرى في ظروف الاستثمار، عندها تكون الأحمال في حدودها المتوقعة لظروف تشغيل المنشأة واستثمارها، وعليه فإن المهندس الإنشائي هو المسؤول عن الاستخدام الأمثل للمواد والمال مع تحقيق شروط الأمان المطلوبة.

- الهندسة الجيوتكنيكية: geotechnical engineering

تعنى الهندسة الجيوتكنيكية بالسلوك الهندسي لمواد التربة، وتشمل التحريات عن المواد وأحوال التربة والصخور تحت سطح الأرض وتقدير المخاطر التي يمكن أن تسببها شروط الموقع والتصميم الإنشائي على الأساسات والمراقبة الدائمة لشروط مواقع الإنشاء، وكذلك تنفيذ الأعمال الترابية والأساسات.

يبدأ أيّ مشروع جيوتكنيكي عادة بتحري التربة وطبقات الصخر في المنطقة قيد الدراسة وإجراء التجارب الضرورية لتحديد خصائصها الفيزيائية والميكانيكية، بما فيها دراسة التأثير المتبادل بينها وبين المنشأ المزمع إقامته في الموقع، وفي ضوء نتائج التحريات والتجارب يحدد المهندس الجيوتكنيكي نوع الأساسات ويصممها، ونوع الأعمال الترابية المطلوبة للمنشأ المزمع بناؤه وحجمها[2].

ومن أهم فروع الهندسة الجيوتكنيكية علم ميكانيك التربة soil mechanics الذي يختص بدراسة التربة وسلوكها عند تعرضها للأحمال والإجهادات.

---

(1) W.F. CHEN & J. Y. RICHARD LIEW, The Civil Eng. Handbook (New Directions in Civil Eng.) (CRC 2002).

(2) NEIL S. GRIQQ, MARVIN E. CRISWELL, DARRELL G. FONTANE & THOMAS J.SILLER, Civil Eng. In The Twenty First Century: Knowledge and Skills for Design and Management (American Society of Civil Engineers 2001).

- هندسة النقل: transport engineering

هي علم نقل الركاب والبضائع على نحو فعال وآمن، وهي تشتمل على تحديد البنى التحتية للنقل وتصميمها وتنفيذها وصيانتها، كالشوارع والطرقات وخطوط السكك الحديدية والمطارات والأقنية والموانئ، ويتفرع من هندسة النقل هندسة المرور traffic engineering التي تعنى بإدارة النقل، ويتفرع منها أيضاً تخطيط المدن urban planning الذي يعنى بتصميم نماذج تنبؤية لحركة المسافرين والبضائع وبنائها وما يترتب عليها من قرارات تساعد على تصميم البنى التحتية لمشروعات النقل.

- الهندسة الهيدروليكية: hydraulic engineering

تعنى الهندسة الهدروليكية بجريان السوائل، خصوصاً الماء، وارتبطت أصلاً بتصميم الأنابيب وشبكات توزيع المياه ومنشآت الصرف والأقنية، حيث يقوم مهندسو الهيدروليك بتصميم هذه لشبكات والمنشآت بناءً على علوم ميكانيك السوائل fluid mechanics، ويتفرع من الهندسة الهيدروليكية هندسة مصادر المياه water resource engineering التي تعنى بتجميع المياه وإدارتها سواء كان ذلك فوق سطح الأرض أم في باطنها.

- الطبوغرافيا: surveying

هي مجموعة العمليات التي يقوم بها الطبوغرافيون لقياس أبعاد محددة على سطح الأرض باستخدام تجهيزات مخصصة ودقيقة تسمح بقياس المسافات الأفقية والشاقولية والزوايا والميول، وذلك بغية رسم تمثيل بياني لسطح الأرض على شكل خرائط تستخدم لتوضيع المشروعات الهندسية والأبنية عليها بالحجم والمقياس اللذين ترسم بهما هذه الخرائط.

- هندسة التشييد: construction engineering

تعنى هندسة التشييد بتنفيذ التصاميم الموضوعة لمشروعات النقل والبيئة والهيدروليك والأبنية والجسور وتطوير المواقع العامة ومشروعات الجيوتكنيك والبنى التحتية وتقوم بذلك شركات متخصصة في التشييد، حيث يكون للمهندسين فيها دور

إداري ومالي إضافة إلى دورهم الفني والتقني، ويسهمون أساساً في وضع خطط التنفيذ وكتابة العقود ومراقبة أسعار المواد والتجهيزات الضرورية للمشروعات(1).

التصميم:

هو أهم القواعد التي يرتكز عليها في أي مشروع وحتى تكون الأبنية آمنة يتم إدخال عوامل أمان كثيرة أثناء التصميم لأي منشأ مثل تصعيد الحمولات المطبقة على المنشأ وهي طريقة من طرق التصميم تسمى الطريقة الحدية (تصعيد الحمولات) حيث يتم ضرب قيم الحمولات بعوامل أمان كثيرة مثل مضاعفتها مرة أو اثنتين ومن ثم تصميم المنشأ على هذا الأساس، وذلك بأقل تكلفة ممكنة تناسب هذه العوامل، كما تختلف نسبة عوامل الأمان باختلاف أهمية المنشأ ومكان تنفيذه والغرض منه ومدة الخدمة المطلوبة وغيرها من العوامل فعلى سبيل المثال: إقامة منشأ في البحر تختلف من ناحية المواد والتصميم عن منشأه على سطح جبل أو أرض صلبة أو أرض رملية.

الإدارة الهندسية:

تعتبر الإدارة الهندسية للمشروع من أهم العناصر المساهمة في إنجاح العمل أو فشله، ولا يخفى على أحد ما للإدارة في أي مجال من أهمية خاصة في إنجاح العمل، وخاصة في مجال مشاريع البناء، التي تعتبر أكثر تعقيداً إدارياً وعملياً من معظم مجالات الإدارة الأخرى، وكمقارنة بسيطة لتقدير أهمية ذلك، فإن مصنع سيارات مثلاً إن أنجز سيارة وأجرى عليها الاختبارات فبإمكانه تعديلها بكل بساطة حتى الحصول على المنتج المطلوب ومن ثم نسخه إلى أعداد كبيرة، دون خسارة تذكر لا في الوقت ولا في الكلفة، بينما في المشاريع العمرانية فلا يمكن بناء مشروع ثم تعديله تماماً بل يجب توقع كل العيوب مسبقاً وتلافيها، وهنا لا بد من حسن الإدارة وبراعة القيادة، وعبقرية إيجاد الحلول والبدائل، وحديثاً أصبح تخصص إدارة

(1) الموسوعة العربية، محمد أحمد السمارة، المجلد الحادي والعشرين، ص626، (بتصرف).

المشاريع يدرس كدراسات عليا (ماجستير ودكتوراه) في كثير من الجامعات، بل إن هناك تخصصات متعددة داخل هذا العلم المتولد من تزاوج العلمين العريقين الإدارة والهندسة المدنية، وينصح كثير من الخبراء بأن يكون المقدم على هذا التخصص ذو فطرة (شخصية) قيادية وإدارية، لينجح في تسيير مشروعه[1].

هندسة المرور: Traffic Engineering

علم هندسة المرور هو علم حديث ظهر في النصف الثاني من القرن العشرين وما زال في تطور مستمر نسبة للتطور السريع في تحديث المركبات والطرق وأنظمة التحكم "إشارات المرور، عبور المشاة.. الخ". يمكن تقسيم علم هندسة المرور إلى:

- دراسات المرور.
- دراسات النقل العام "الحافلات".
- السلامة المرورية.
- هندسة اللوحات المرورية والعلامات الأرضية.

الجدوى من إنشاء الطريق:

تبدأ عملية إنشاء أي طريق بعمل دراسة الجدوى التي تعني مدى الفائدة التي يقدمها الطريق المقترح مقارنة بالتكلفة، ولعمل هذه الدراسة نحتاج لتقدير عدد المركبات "تسمى بحجم المرور" التي يتوقع أن تستخدم الطريق، حيث تستخدم عدة أساليب منها:

❖ التقدير: وهو تقدير حجم المرور المتوقع حسب خبرات سابقة لمناطق مشابهة في الكثافة السكانية والمستوى المعيشي وما إلى ذلك حيث يتوقع للمناطق المتشابهة من حيث السكان أن تنتج أحجاماً مرورية متقاربة.

(1) ويكيبيديا، (بتصرف).

❖ دراسات ميدانية: وذلك بإعداد استبيان مناسب لمستخدمي الطرق المجاورة للطريق المقترح لمعرفة نسبة الذين يفضلون استخدام الطريق الجديد في حال إنشائه "تسمى أيضاً دراسات المنبع والمصب".

❖ دراسات منزلية: وذلك بإعداد استبيانات منزلية في المناطق التي يتوقع لن تستفيد من الطريق المقترح لتقدير نسبة السيارات التي ستستخدم الطريق بالنسبة لعدد السكان الكلي "في المنطقة المجاورة للطريق".

❖ التقدير الرياضي: ويتم بواسطة استخدام نموذج رياضي "معادلة رياضية خاصة" ينتج العدد المتوقع للمركبات في سنة معينة بناءاً على بيانات الأعوام السابقة.

❖ النمذجة الحاسوبية: يمكن تقدير حجم المرور المستقبلي أيضاً بواسطة برامج خاصة تعمل على الاستفادة من البيانات الحالية والبيانات التاريخية وبعض القيم الأخرى مثل نوع التغير الذي يتوقع أن يحدث في المنطقة مستقبلياً "مثل إنشاء مركز تجاري أو مدرسة.. الخ" ويقوم الحاسوب بتقدير القيم المستقبلية بدقة أفضل من كل الطرق السابقة.

بعد معرفة حجم المرور ونوعية المركبات، يتم حساب قيم خاصة مبنية على أوزان المركبات المتوقعة وعددها بحيث نحصل على قيمة تسمى وزن المحور المكافئ الذي يعتبر ذو قيمة كبيرة في مرحلة التصميم الإنشائي للطريق "لاحظ إن إنشاء الطرق ليس جزءاً من هندسة المرور"، بعد معرفة عدد مستخدمي الطريق وتكلفة إنشاءه، يمكن عمل دراسة الجدوى "بناءاً على نسبة التكلفة لعدد المستخدمين" التي بها يتخذ المسؤولون قرار إنشاء الطريق من عدمه.

الدراسات المرورية التشغيلية:

بعد التأكد من جدوى إنشاء الطريق، واكتمال إنشاءه تبدأ المرحلة التشغيلية للطريق والتي تحتاج لمراقبة دائمة وتمثل هذه العملية المرحلة الأهم في الدول المتقدمة، حيث أن كل التحديات الصعبة المتمثلة في الحاجة الدائمة للحفاظ على مستوى الخدمة المقبول خصوصاً من ناحية زمن الرحلة الذي يزداد على الدوام بسبب

زيادة حجم المرور وبالتالي يزداد التأخير عند التقاطعات، تسعى الجهات المسؤولة عن المرور على ضمان انسياب المرور بشكل مقبول، ولتحقيق ذلك تقوم بمراقبة حركة المرور بشكل مستمر وتحديد نقاط الازدحام والتأخير وذلك بقياس عدة قيم أهمها:

- ❖ زمن الرحلة بين مكانين: وذلك لمقارنة زمن الرحلة الحالي مع القيم التي تم قياسها في المواسم أو الأعوام السابقة، حيث أن زيادة زمن الرحلة يعني وجود مشكلة في نقطة ما على طول المسار.
- ❖ طول صفوف العربات عن التقاطعات: بمقارنة طول الصفوف بالقيم التي تم قياسها سابقاً، حيث أن زيادة طول الصفوف يعني وجود مشكلة في هذه النقطة بالتحديد.
- ❖ السرعة: يتم قياس سرعة المركبات عند نقاط بعيدة عن التقاطعات لمعرفة ما إذا كان هناك تأخير على طول الطريق مقارنة بالقيم التي تم قياسها سابقاً.
- ❖ حجم التشبع: هو العدد الأقصى من المركبات التي يمكن أن يمر خلال نقطة معينة في وقت محدد، وتتم مقارنة القيمة المقاسة من الطريق بـ ١٨٠٠ مركبة/ساعةً حيث يتوقع نقصان عدد المركبات عن ١٨٠٠ في الساعة "للحارة الواحدة" يعني حدوث ازدحام وتأخير.
- ❖ درجة التشبع: وهي معيار سعة الطريق عند التقاطعات ذات الإشارة المرورية وتحسب من نسبة حجم المرور لحجم التشبع مضروباً في نسبة زمن الإشارة الأخضر لزمن الإشارة الكلي.

أساسيات الدراسات المرورية:

عادة ما يتم إجراء الدراسات المرورية في فترات زمنية محددة وهي:

أ- أيام الأسبوع:

- ❖ الذروة الصباحية: من 7:٠٠ إلى 10:٠٠
- ❖ ما بين الذروات: من 10:٠٠ إلى 16:٠٠
- ❖ الذروة المسائية: من 16:٠٠ إلى 19:٠٠

❖ ما بعد الذروة المسائية: من 19:٠٠ إلى 7:٠٠

ب- أيام العطل ونهاية الأسبوع:

عادة ما يتم إجراء الدراسات في فترة زمنية واحدة ما بين ١٠:٠٠ إلى ١٩:٠٠ وقد تختلف هذه الأزمان قليلاً حسب ظروف كل بلد ومواعيد الدوام والمدارس.

التقاطعات المرورية:

يوجد نوعان أساسيان من التقاطعات المرورية هما:

أ- **التقاطعات على نفس المستوى: وهي نقطة تلاقي طريقين أو أكثر وقد تكون:**

- تقاطع محكوم بإشارة مرور.
- تقاطع أولوية "الطريق الرئيسي والطريق الفرعي".
- دوار "أو الصينية".

ب- **التقاطعات متعددة المستويات:** وتوجد عند تلاقي الطرق السريعة "أو الطرق الحرة" التي لا يكون فيها أي تأخير لأن الطرق تكون على مستويات مختلفة وتوجد عدة أنواع من هذه التقاطعات أهمها:

- **تقاطع ورقة البرسيم:** ويسمى بهذا الاسم نسبة لتشابه شكل التقاطع مع ورقة البرسيم بسبب وجود حارات دائرية في كل ركن لنقل المرور إلى الجهة المقابلة، هذه النوع يعطي أولوية كاملة لكل أذرع التقاطع على حد السواء.
- **تقاطع البوق:** وهو أيضاً يشبه البوق، إن الحارات الدائرية تقع على جانبين فقط ويستخدم عند التقاء الطرق الحرة على شكل حرف T.
- **تقاطع الماسة:** يستخدم عند التقاء طريق سريع رئيسي بطريق سريع ثانوي مثل المخارج التي تقع على الطرق الدائرية وهو يعطي جرية انسياب كاملة للطريق الرئيسي بينما يكون الطريق الثانوي محكوم بإشارة مرورية علوية أو سفلية "**كثيراً ما يستخدم في دول الخليج العربي**"(1).

(1) الصمدر السابق.

هندسة المعلومات : Information Engineering

هندسة المعلومات (IE) أو علم منهج هندسة المعلومات (IEM) في هندسة البرمجيات وهو مقاربة إلى تصميم وتطوير أنظمة المعلومات.

هي دراسة المعلومات ومعالجتها باستخدام التقنية الحديثة مثل الحاسوب وأجهزة العرض والاتصالات[1].

هندسة النسج : Tissue Engineering

هي عبارة عن الاستفادة من علم الخلايا وعلم الهندسة الطبية الحيوية وعلم المواد الحيوية والكيمياء الحيوية لاستبدال أو معالجة وظائف نسيج حيوي معين، الحيوية للأنسجة الحيوية المختلفة (العظام، الجلد، الخلايا الجذعية.. الخ)، كما يدرس هذا العلم ما يعرف بجزيئة حيوية وما تتكون منه.

هندسة النسج Tissue Engineering ويشمل علم الهندسة الجينية، والذي يتضمن تصنيع اللقاحات الجينية، وعلم المعالجة الجينية، ومن التقنيات المثيرة للجدل في هندسة الأنسجة تقنية الهندسة الوراثية وهي تكوين كائنات محوّرة جينياً Genetically Modified Organisms، ولكن هذه التقنية تأتي بكائن أضعف من الكائن الذي أخذت منه الخلية الأولى وبالتالي يعتبر الاستخدام الأكثر فائدة لهذا العلم هو في إمكان زرع أعضاء جديدة مكان أعضاء تالفة أو معتلّة (مثل المثانة والأوعية الدموية، وربما القلب والكبد والبنكرياس وأعضاء أخرى)، وتعتمد هذه التقنية على زرع خلايا جنينية غير متمايزة تعرف بالخلايا الجذعية الجنينية Embryonic Stem Cell، حيث تزرع هذه الخلايا الجذعية على قالب شبكي البنية له شكل العضو المعني، وتتألف (أسلاك) هذا القالب من مادة قابلة للتفكك أيديولوجياً Biodegradable، فتوضع الخلايا الجذعية الجنينية على سطوح القالب الخارجية والداخلية في عيون الشبكة وتبني العضو المعني، أما الخلايا الجذعية

---

(1) المصدر السابق، (بتصرف).

الجنينية، فتؤخذ حيث يكون الجنين في أسبوعه الثاني، وقبل أن تبدأ الخلايا في التباين، فهي لم تزل لم يكتب عليها أي اتجاه، ويمكن توجيهها في أي مسار تمايزي منشود فتدخلها على تركيب وسط الزرع، وذلك لأن ظفيرة الـ DNA في هذه الخلايا الساذجة لم تمتلك نمطاً محدداً، وعلى الرغم من الفوائد التي تأتي بها هندسة النسيج حيث يمكن صناعة الأعضاء المعتلّة، إلا أن ذلك قد يكون على حساب الاتجار بالأجنة مستقبلاً(1).

هندسة النسيج: Textile engineering

هندسة النسيج Textile engineering وهو الفرع الهندسي الذي يختص بالآلات والعمليات المستخدمة في إنتاج كل من الألياف والأقمشة الطبيعية والاصطناعية، ويعمل مهندسو هذا المجال أيضاً في تطوير منسوجات جديدة ومحسنّة(2).

هندسة نفطية: Petroleum Engineering

الهندسة النفطية petroleum engineering هي فرع من فروع الهندسة متخصص بالبحث عن أماكن وجود النفط واستكشافه وتحديد مصادره وكمياته وإجراء الدراسات الجيوفيزيائية الضرورية لاستخراجه وتحديد طرائق التنقيب والحفر والاستخراج، وأنواع المعدات والآليات والمضخات المستخدمة، وكذلك أساليب النقل والتخزين والتركيب والتصنيف، وتخطيط المصافي وبنائها، وعمليات التقطير والتكسير وخطط الإنتاج وتنويع المنتجات وتسويقها على أسس اقتصادية وتقنيات علمية وفنية.

هندسة النفط هي الهندسة التي تشارك في استكشاف وإنتاج أنشطة النفط والبحث عن أفضل السبل لاستكشاف المنبع البترولي في القطاع ويشير إلى مصدر

(1) ويكيبيديا، (بتصرف).

(2) ويكيبيديا، (بتصرف).

للنفط، النفط يكون عادة مطموراً عميقاً تحت سطح الأرض ويتم تزويد المستهلكين بتدفق الإمدادات عبر تطبيقات الهندسة النفطية، المواضيع المختلفة التي تشملها هندسة النفط (البترول) عادةً تكون مرتبطة ارتباطاً وثيقاً مع علوم الأرض، هندسة البترول، المواضيع الاقتصادية، علم طبقات الأرض، علم كيمياء الأرض، علم فيزياء الأرض، حفر الآبار الجغرافيا السياسية، وإدارة المعرفة، والزلازل، بناء الفريق والعمل الجماعي، والديناميكا الحرارية، واستكمال إنتاج النفط والغاز، تطوير المكامن، والنقل بواسطة خط أنابيب[1].

لمحة تاريخية عن الهندسة النفطية:

أظهرت الاكتشافات في مناطق ما وراء القفقاس وغربي أوكرانيا على نهر "أوختا" وجود وحدات تقطير نفط بدائية يعود تاريخها إلى القرون الوسطى، وفي عام 1821- 1823 قام الإخوة من عائلة دوبينين Doubinin ببناء وحدة تقطير صناعية في مدينة موزدوك شمالي القفقاس، وفي عام 1848 جرى أول تقطير للنفط في إنكلترا، وفي عام 1865 بدأ استخدام المضخات واستخراج النفط آليا من الآبار، وقد استعان المهندس الروسي إيفانيتسكي بمضخات أعماق عمودية ومضخات طرد مركزي لاستخراج النفط في القفقاس، ولاحت أهمية النفط بصورة ملموسة بعد اختراع المصباح النفطي (مصباح الكاز) عام 1850، وقد عدّ كثير من المؤرخين يوم 27 آب/أغسطس 1859 بدء عصر النفط الحديث، وذلك عندما حفر الكولونيل دريك J. Drake أول بئر نفط في بنسلفانيا على عمق 21م، واستخرج 1600 لتر يومياً من النفط الخام للحصول على الكيروسين (زيت الكاز) من أجل استعماله في التدفئة والإضاءة.

واقتصر إنتاج النفط على القطفات المستخرجة بالحفر البسيط، واستمر ذلك حتى اختراع المصباح الكهربائي، وحلوله مكان مصباح الكاز، وأدى ذلك إلى موجة من التشاؤم حول مصير الصناعات النفطية، لكن مع اختراع المحركات

(1) المصدر السابق.

الانفجارية (محركات الاحتراق الداخلي والسيارة ووسائل النقل الأخرى) حقق النفط انتصاراً مذهلاً، وتجددت المساعي الحثيثة لإنتاج مواد جديدة منه كالغازولين (البنزين) والديزل وقوداً للسيارات والطائرات واستعمال قطفاته الثقيلة في مراجل السفن(1).

برزت أهمية الهندسة النفطية في أوائل القرن العشرين عندما أصبحت الحاجة ملحة إلى زيادة الإنتاج وتنوع المشتقات النفطية وتطور وحدات التقطير البدائية، وصارت علماً مستقلاً يهتم بطرائق استكشاف النفط وبالآلات والمضخات والمعدات الميكانيكية وبناء وحدات التقطير، وأنشئت في الولايات المتحدة الأمريكية أول جمعية لمهندسي النفط، وفي عام 1911 بنيت أول وحدة تقطير في الولايات المتحدة الأمريكية، ونتيجة تسارع أحداث الحرب العالمية الأولى زاد إنتاج النفط وتضاعفت كمياته، وتقدمت الهندسة النفطية مع بناء مصانع معالجة النفط والمصافي الصغيرة وخاصة في الاتحاد السوفييتي ودول أوروبا، وكان للهندسة النفطية دور فعال في الفترة بين عامي 1941- 1945 إبان الحرب العالمية الثانية، فقد ازداد الطلب على كيروسين الطيران، وزادت الحاجة إلى النفط، فاتجهت الأنظار إلى دول آسيا وأوروبا وأمريكا والدول العربية، واشتد الاهتمام بعلم الهندسة النفطية والإقبال عليه وشُيدت له المعاهد والجامعات في دول عديدة من العالم، وقد بدت أهمية الهندسة النفطية في إعداد الدراسات الجيوفيزيائية والبحث عن حقول نفطية جديدة والحاجة إلى صناعات التكرير، وتقدمت الصناعات الكيمياوية البترولية وأنتجت أنواعاً متعددة من الوقود والزيوت والشحوم والسوائل الخاصة، واستطاعت تحويل المواد البترولية إلى مركبات مهمة كصناعة الإيتيلين والحموض العضوية والفينول والعطور والمواد اللدنة والكاوتشوك والبلاستيك والأقمشة الاصطناعية والسماد ومبيدات الحشائش الطفيلية(2).

---

(1) انظر أيضاً: مازن البندك، قصة النفط (مطبعة الكتب العلمية العربية، الرياض 2004).

(2) انظر أيضاً: مجموعة من الباحثين، أساسيات الصناعة البتروكيماوية (دار الثقافة العربية، الشارقة 2001).

فروع الهندسة النفطية:

ترتبط الهندسة النفطية ارتباطاً وثيقاً بالعلوم الأخرى وخاصةً بعلوم الأرض، ويتفرع منها:

1- **علم طبقات الأرض:** هو دراسة طبقات الأرض وأنواعها وتوضعها وأخاديد آبار النفط وتجاويفها وعمقها وطرائق استخراجها.

2- **علوم فيزياء وكيمياء الأرض:** هو دراسة حالات طبقات الأرض وتركيبها وبنيتها وأنواعها وتوزعها.

3- **علم المضخات وآلات الحفر وأجهزة التنقيب والاستخراج ومعداتها:** وهو دراسة المضخات بأنواعها، وآلات الحفر كالأبراج والأنابيب ورؤوس الحفر المدببة والمثلثة والأجهزة الآلية التي تقيس الاهتزازات والموائع وغيرها.

4- **علم الجغرافيا السياسية:** هو دراسة الأراضي والمساحات والحدود الجغرافية والتداخلات السياسية بين الدول.

5- **علم إدارة الأزمات:** هو الحالة الحرة التي تنشأ من موقف أو ظاهرة أو حادثة ما تتطلب اتخاذ قرار إداري أو سياسي أو اجتماعي أو اقتصادي أو ثقافي في فترة وجيزة من الزمن.

6- **علم الموارد البشرية:** هو النشاط البشري الذي تقوم به مجموعة أشخاص لتحقيق مجموعة من الأهداف والغايات.

7- **علم الزلازل:** هو دراسة طبقات الأرض والاهتزازات الحاصلة من جراء حركة الصخور أو الانهيارات أو الانهدامات.

8- **علم إدارة التسويق والمنتجات:** هو دراسة الإمكانات المتاحة لمواد الإنتاج والقدرة على تسويقها بعد دراسة الأسواق ووضع الخطط اللازمة للتوزيع[1].

(1) JAN BORJAX & PAUL CLAFA, Petrol & Gas (Chapman & Hall, London 2000).

وتتضافر جهود العاملين في مجال النفط لبناء فريق عمل جماعي يضع الخطط والبرامج والجدوى الاقتصادية، ويتشاركون في استكشاف احتياطي النفط من الأماكن التي لم يسبق معرفتها، وفي البحث عن أفضل السبل لاستكشاف مصادر النفط وحفر الآبار واستكمال إنتاج النفط والغاز، وتطوير المكامن، وأساليب النقل وطرائق تخزين المنتجات واستثمارها وأسواق بيعها.

مجالات العمل والتطبيق:

هندسة النفط هي تقنية متزايدة الصعاب ليس اقتصادياً أو تكنولوجياً، بل حسب أسعار السلع الأساسية واستخدام الأجهزة التقنية المتقدمة والمقترنة بالحواسيب الإلكترونية المبتكرة الموضوعة بتصرف فريق الإدارة، وقد اهتمت الهندسة النفطية بالصناعات الآتية:

1- الأعمال الميكانيكية والحفر والتنقيب: كرؤوس الحفر والأبراج المعدنية النفطية والمضخات المتنوعة والخزانات والأنابيب وأجهزة التحكم والأتمتة.
2- الصناعات البتروكيمياوية: كتخطيط المصافي والمصانع والمعامل الخاصة بالوقود والزيوت والشحوم والسوائل الخاصة وبنائها، والمركبات الكيميائية الصناعية.
3- الصناعات الطبية والصيدلانية والتجميل: كالكحول ومواد التخدير ومستحضرات التجميل والأصبغة والغليسرين والعطور.
4- صناعات مواد البناء: كمواد العزل والأسفلت والطوب والآجر والحمّر والقطران.
5- الصناعات الحربية: كالوقود الدافع بأنواعه والمتفجرات وغيرها[1].

هندسة النقل : Transport Engineering

هندسة النقل هي عبارة عن تطبيق المبادئ العلمية والتكنولوجيا في تخطيط، تصميم، وتشغيل وإدارة أي من منشآت المواصلات بطريقة آمنة، سريعة،

---

(1) الموسوعة العربية، عدنان يوسف عبود، المجلد الحادي والعشرين، ص638

مريحة، سهلة، اقتصادية، وصديقة للبيئة لنقل الناس والبضائع، وهي فرع رئيسي من فروع الهندسة المدنية، تنقسم إلى أربعة أقسام رئيسة: هندسة الطرق، هندسة القطارات، هندسة المطارات، هندسة الموانئ والمعابر المائية[1].

هندسة نووية : Nuclear engineering

تمثل الهندسة النووية nuclear engineering واحدة من المعارف الهندسية الحديثة التي تعنى بالجوانب البحثية والتطبيقية الموجهة للاستفادة من الطاقة النووية، ولاسيما على المستوى الهندسي ضمن ما يسمى بالمفاعلات النووية nuclear reactors، وما يرتبط بها من مستلزمات التصميم والتشغيل ومتطلبات الوقاية الإشعاعية وتدابير الأمان الهندسية ودورة وقودها المشتملة على عمليات استخلاص الوقود النووي وإغنائه وتحضيره والتعامل مع النفايات النووية وطرق التخلص الآمن منها.

لمحة عامة عن الهندسة النووية:

ولدت الهندسة النووية مع اكتشاف العالم الألماني أوتو هان Otto Hahn وزملائه لظاهرة الانشطار النووي nuclear fission في شباط/فبراير عام 1939، والتي تتمثل بانفلاق نوى ذرات اليورانيوم إلى جزأين غير متناظرين إثر قذفها بالنترونات مع تحرر طاقة هائلة، وقد بينت الاختبارات والبحوث فيما بعد أن معظم نوى الذرات ذات عدد الكتلة الكبير قابلة للانشطار من حيث المبدأ، بيد أن نظائر اليورانيوم- 235 واليورانيوم- 233 والبلوتونيوم- 239 تبدي قابلية كبيرة للانشطار بوساطة النترونات ولاسيما الحرارية منها، وقد تبين أن المدهش في عملية الانشطار- عدا الطاقة الهائلة المتحررة والتي تفوق بملايين المرات تلك المتحررة عن تفاعلات الاحتراق التقليدية- تولد ما يقرب من 2.5 نتروناً جديداً وسطياً إثر كل عملية انشطار، مما يعني إمكانية تحقيق تفاعل متسلسل chain reaction يمكن أن يحافظ على ديمومته، ويوفر من ثم توليد الطاقة على نحو مستمر إذا توفرت له

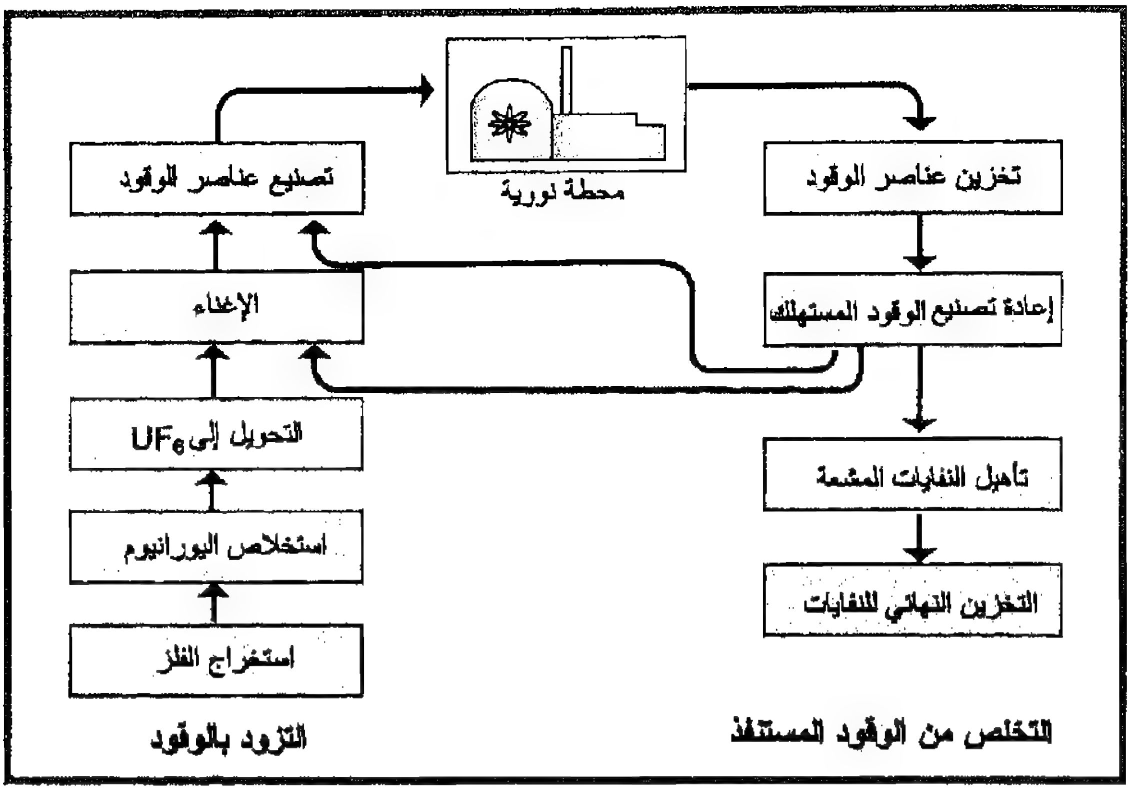
(1) ويكيبيديا، الموسوعة الحرة.

الشروط الضرورية ضمن توضع معيّن للمادة الانشطارية يطلق عليه اسم التوضع الحرج critical assembly[1].

ويمكن القول: إن معظم بحوث الهندسة النووية التي انطلقت إثر اكتشاف تفاعلات الانشطار قد تركزت حول دراسة تصميم التوضعات الحرجة وشروط عملها، وقد سُجلت أول براءة اختراع لتوضع حرج مستدام يعتمد الماء الثقيل مهدئاً في مكتب براءات الاختراع السويسري عام 1939 بعد شهرين من اكتشاف ظاهرة الانشطار، بيد أن التطبيق التقني الأول تمثل ببناء أول مفاعل اختبار في جامعة شيكاغو في نهاية عام 1942، وأُثبت فيه أول مرّة إمكانية إشعال تفاعل حرج والحفاظ عليه عند استطاعة تقرب من 2 كيلوواط، وتوالت بعدها البحوث والاختبارات المرتبطة ببناء مفاعلات البحث والاختبار مع التركيز على مفاعلات توليد البلوتونيوم للأغراض العسكرية، وقد تكثفت المساعي بعد ذلك لتصميم مفاعلات الطاقة حيث توجت ببناء أول مفاعل طاقة نموذجي للأغراض العسكرية عام 1953، واستخدم من قبل البحرية الأمريكية لدفع الغواصات الحربية، ثم جرى فيما بعد تطوير هذا النموذج للأغراض السلمية وصولاً لبناء محطة نموذجية لتوليد الطاقة الكهربائية باستطاعة 136 ميغاواط عام 1957، وقد كان الاتحاد السوفييتي نجح قبل ذلك ببناء أول مفاعل طاقة للأغراض السلمية باستطاعة 5 ميغاواط كهربائي عام 1954، ثم شهدت فترة العقدين اللاحقين ولادة مشروعات تقنية طموحة في مجال الهندسة النووية لتطوير أنماط متنوعة من المفاعلات النووية وبنائها لأغراض مختلفة، أهمها توليد الكهرباء إضافةً إلى استخدامها في مجالات البحث والتطوير والتدريب[2].

(1) M. M. El-WAKIL, Nuclear Heat Transport (Amer. Nucl. Soc. 1971).
(2) K.ALMENAS, Introduction to Nuclear Engineering (Springer, Berlin 1992).

فروع الهندسة النووية:



الشكل (1) مخطط تمثيلي لدورة وقود المفاعلات الانشطارية

تشتمل الهندسة النووية على مجموعة واسعة من الفروع المعرفية والتخصصات التطبيقية المرتبطة على نحو رئيسي بتصميم المفاعلات النووية وتشغيلها الآمن، وتتمحور هذه الفعاليات حول ما يسمى دورة الوقود النووي nuclear fuel cycle التي تتكون من ثلاث مراحل متتابعة، تشمل المرحلة الأولى المسماة بداية دورة الوقود front-end fuel cycle العمليات المتعلقة باستخراج الوقود وتحويله وإغنائه وصولاً لتصنيع عناصر الوقود، وتشمل المرحلة الثانية المحطة النووية التي يجري فيها استهلاك عناصر الوقود المصنعة لتوليد الطاقة اعتماداً على تفاعلات الانشطار حيث ينتج من ذلك الوقود المستنفد، أما المرحلة الثالثة والمسماة بنهاية دورة الوقود فتشمل عمليات التخزين المؤقت للوقود المستنفد ومن ثم إعادة معالجته وتصنيعه وانتهاءً بمعالجة النفايات المشعة الناتجة وتأهيلها وتخزينها نهائياً (الشكل 1).

وتجدر الإشارة إلى أن مراحل دورة الوقود تختلف بمواصفاتها التقنية تبعاً لنمط المفاعل المستخدم في المحطة النووية حيث يمكن التمييز حالياً بين أربعة أنماط رئيسية من دورة الوقود تضم مفاعلات الماء الخفيف التي تستخدم اليورانيوم منخفض الإغناء، وتبرد وتهدأ بالماء الخفيف، ومفاعلات الماء الثقيل التي تستخدم اليورانيوم الطبيعي، وتهدأ بالماء الثقيل، ومفاعلات الإخصاب السريعة التي تستخدم وقوداً متوسط الإغناء، وتبرد بالصوديوم، وتسمح إضافةً إلى إنتاج الكهرباء بتوليد البلوتونيوم، ومفاعلات درجة الحرارة العالية التي تستخدم وقوداً متوسط الإغناء، وتبرد بالهليوم، وتهدأ بالجرافيت[1].

ويتطلب التعامل مع مراحل دورة الوقود الاعتماد على طيف واسع من المعارف العلمية والتطبيقات التقنية التي تضم:

- العمليات الفيزيائية والكيمياوية لإغناء الوقود وتصنيعه.
- التصميم النتروني وفيزياء المفاعل، ويعنى بدراسة التفاعلات النترونية والمقاطع الفعالة ودراسات الحرجية والتدريع وتفاعل الإشعاع مع المادة.
- التصميم الترموهيدروليكي الذي يعنى بالانتقال الحراري بين الوقود والمبرد وسلوك جريان المبرد وعمليات تخليص قلب المفاعل من طاقة الانشطار بالعلاقة مع مفعولات الربط العكسي للتفاعلية وصولاً لمولدات البخار.
- القياس والتحكم و"ديناميكية" المفاعل، وتعنى بتطوير التجهيزات والحساسات المستخدمة في قياس متغيرات المفاعل والتحكم بها بما في ذلك الكواشف الإشعاعية.
- هندسة أمان المفاعلات التي تعنى بالإجراءات والمتطلبات الهندسية المتعلقة بالتشغيل الآمن للمفاعل في العمل الاعتيادي وفي أثناء الحوادث.

(1) S. GLASSTONE, Nuclear Reactor Engineering, 3rd Edition (New York, VNR, 1981).

- علم المواد للهندسة النووية الذي يعنى بتطوير المواد المستخدمة في التكنولوجيا النووية والتي تحقق متطلبات عالية للمقاومة الإشعاعية والكيميائية والميكانيكية.
- الوقاية الإشعاعية، وتشمل الأجهزة والقواعد المعتمدة في التعامل مع الإشعاعات المؤينة والوقاية منها.
- إدارة الوقود والنفايات، وتشمل جميع العمليات المتعلقة بالتزود بالوقود الطازج والتخلص من الوقود المستنفد ومعالجته وتخزينه.

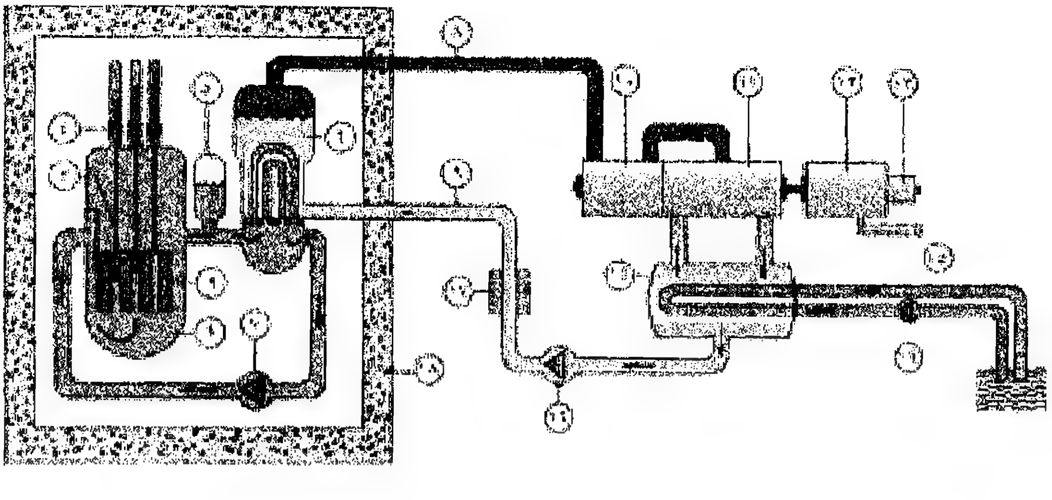
وقد ازداد الاهتمام في الآونة الأخيرة بفرع خاص من الهندسة النووية يعنى بالتطبيقات الإشعاعية في المجالين الطبي والصناعي، حيث يجري التركيز في هذا الفرع على التجهيزات التي تعتمد في عملها على مبادئ الإشعاع، وتجد تطبيقات متزايدة في مجال التشخيص والعلاج الطبي إضافةً إلى التطبيقات الصناعية المختلفة كالاختبارات اللاإتلافية.

مجالات العمل والتطبيق:

ينصب اهتمام الهندسة النووية انصباباً رئيسياً على المجالات التطبيقية المرتبطة بتصميم المفاعلات النووية الانشطارية وتشغيلها وتطويرها ودورة وقودها.

وتقسم المفاعلات النووية من حيث مجال التطبيق إلى مفاعلات البحث research reactors ومفاعلات الطاقة power reactors.

1- مفاعلات البحث: تمثل مفاعلات البحث أجهزة مولدة للنترونات تعمل على الغالب عند استطاعات متدنية من دون أن يكون للطاقة النووية المتولدة فيها أي فائدة، وعليه تزداد كفاءة هذه المفاعلات كلما ازداد التدفق النتروني الذي تولده والذي يصل في بعض مفاعلات البحث الحديثة إلى نحو 10 15 نترون/سم^2/ثانية، وتستخدم كأجهزة متعددة الأغراض لتغطية مجالات واسعة في حقول البحوث العلمية الأساسية والتطبيقية، كإنتاج النظائر المشعة والتحليل بالتنشيط النتروني والتصوير النتروني وتطعيم السيليسيوم وعلاج بعض أنواع الأورام السرطانية إضافةً إلى بحوث الفيزياء النووية وفحص بنية المواد.



الشكل (2) شكل تمثيلي مبسط لمفاعل الماء المضغوط (1)

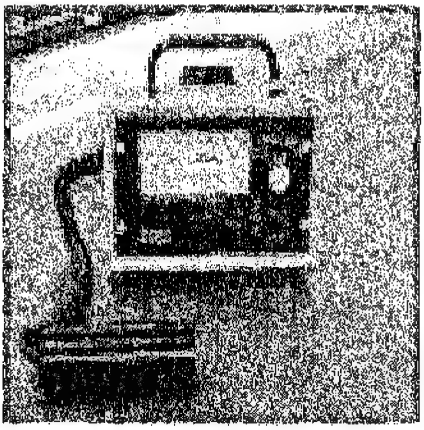
2- مفاعلات الطاقة: تمثل مفاعلات الطاقة النووية منبعاً للطاقة يستخدم على الغالب لتوليد الطاقة الكهربائية (الشكل 2)، ويمكن تقسيم هذه المفاعلات إلى أربع مجموعات رئيسية حسب نوع المبرد، تضم المجموعة الأولى مفاعلات الماء الخفيف light water reactor (LWR) كمفاعل الماء المغلي boiling water reactor (BWR) ومفاعل الماء المضغوط pressurized water reactor(PWR) اللذين يبردان ويهدآن بالماء الخفيف، وتضم المجموعة الثانية المفاعلات السريعة أو الولودة fast breeder التي تستعمل الصوديوم مبرداً، ولا تحتاج إلى مهدئ، وتضم المجموعة الثالثة مفاعلات الحرارة العالية high temperature reactor(HTR) التي تبرد بالغاز، وتُهدأ بالجرافيت، أما المجموعة الرابعة فهي المفاعلات الكندية (CANDU) التي تستخدم اليورانيوم الطبيعي وقوداً والماء الثقيل مهدئاً، ويبين الشكل (2) نموذجاً تمثيلياً

لمفاعل الماء المضغوط (PWR) الذي يعدّ أكثر المفاعلات النووية انتشاراً حيث يعدّ نحو 80٪ من مجموع مفاعلات الطاقة في العالم(1).

يعتمد الفيزيائيون على المهندسين النوويين من الناحية الإنتاجية إذ أن العمل الأساسي على المهندس النووي هو إيجاد أسهل وارخص طريقة لتصنيع المنتجات النووية (المفاعلات النووية والمسارعات النووية وغيرها..).

قياسات الإشعاع والتّصوير:

المهندسون النوويون وعلماء الإشعاع يهتمّون بتطوير قياسات إشعاع التأيين الأكثر تقدما وأنظمة الكشف، واستعمالها لتحسين تقنيات التّصوير ؛ يتضمّن هذا تصميم الكاشف، الصناعة والتحليل، قياسات المعاملات الذرّية والنووية الأساسية، وأنظمة التّصوير الإشعاعي، بين الأشياء الأخرى(2).



عداد جايكر الحديث كاشف النيترونات كاشف التلألؤ قريب من الأورانينيت

هندسة الوقاية الكهربائية : Power system protection

هندسة الوقاية الكهربائية Power system protection هو فرع من فروع الهندسة الكهربائية (هندسة الطاقة) التي تتناول حماية شبكات الطاقة الكهربائية (شبكات النقل، شبكات التوزيع) من الأعطال من خلال عزل الأجزاء

(1) الموسوعة العربية، علي حيدون، المجلد الحادي والعشرين، ص640، (بتصرف).
(2) ويكيبيديا، الموسوعة الحرة، (بتصرف).

المعطوبة من الشبكة الكهربائية، الهدف من نظام الحماية هو الحفاظ على نظام مستقر من خلال عزل الجزء المعطوب (المتعطل) فقط، بحيث تؤمن استمرارية التيار في الأجزاء الأخرى من الشبكة الكهربائية، وبالتالي، يجب تطبيق خطط الحماية على نهج عملي وعلمي لإزالة أعطال النظام بالشكل الصحيح.

أهمية الوقاية الكهربائية:

تكمن أهمية الوقاية الكهربائية في:

- تقليل التلف الذي قد يصيب المعدات من زيادة الفولت أو الحرارة التي قد تنتج خلال حدوث العطل.
- منع حدوث أو تقليل الضرر الذي قد يصيب الأشخاص القريبين أو العاملين على المعدات.
- لضمان استمرارية التيار الكهربائي.
- لضمان استقرار المولدات.

المكونات الأساسية لأنظمة الوقاية الكهربائية:

تتكون أنظمة الوقاية الكهربائية في الغالب على خمسة عناصر رئيسية وهي :

- محولات الجهد ومحولات التيار Current transformer والتي تقومان بتخفيض الجهود والتيارات العالية للنظام الكهربائي إلى قيم منخفضة تتناسب مع المرحلات.
- المرحلات: والتي تقوم بالإحساس بالعطل وتعطي أمر بفصل أو قطع الدائرة الكهربائية.
- القواطع الكهربائية (قاطع الدائرة): والتي تقوم بفتح أو غلق الدائرة الكهربائية وتكون متصلة مع المرحلات بحيث تستقبل أوامر الفتح من المرحل في حالة حدوث العطل أو زيادة في التيار... الخ.. وذلك يرجع إلى نوع المرحل.

- البطاريات: والتي تكون متصلة بدائرة القاطع مع المرحل، وفي حالة حدوث العطل تقوم البطارية بتوفير الطاقة اللازمة لفصل القاطع.
- قنوات الاتصال والتي تقوم بتحليل التيارات والجهد عن بعد بحيث تعطي الإشارات اللازمة لفصل الدائرة في حالة حدوث العطل.

أجزاء من شبكات التوزيع، والفيوزات (الصمامات) قادرة على الإحساس وفصل الدائرة في حالة حدوث العطل.

العطل قد يحدث في أي جزء من الشبكة الكهربائية، مثل: انهيار العزل، قطع في خطوط النقل، عمليات تشغيل خاطئة في القاطع الكهربائي، قصر في الدائرة أو دائرة مفتوحة.

أجهزة الحماية تكون مثبتة بحيث توفر الحماية اللازمة للأجهزة والأشخاص، وأيضاً لضمان عدم انقطاع التيار في حالة حدوث الأعطال[1].

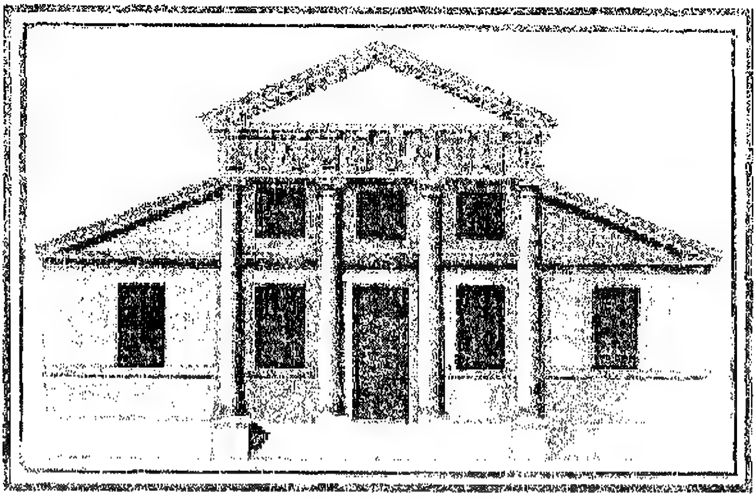
هندسة أنظمة : Systems engineering

هندسة الأنظمة أو هندسة النظم Systems engineering هي فرع في الهندسة يدمج مبادئ من عدة علوم لدراسة كيفية تصميم وإدارة الأنظمة الهندسية المعقدة، حيث تغطي هندسة النظم مجالات مثل اللوجستيات والتنسيق بين الفرق العاملة والتحكم الآلي بالآلات وهي مجالات يصبح التعاطي معها أمراً صعباً عند التعامل مع مشاريع هندسية معقدة.

وبذلك فإن هندسة النظم تمتد لتشمل الفروع التقنية والبشرية ذات العلاقة، مثل هندسة التحكم، الميكاترونكس، الهندسة الصناعية وإدارة المشاريع[2].

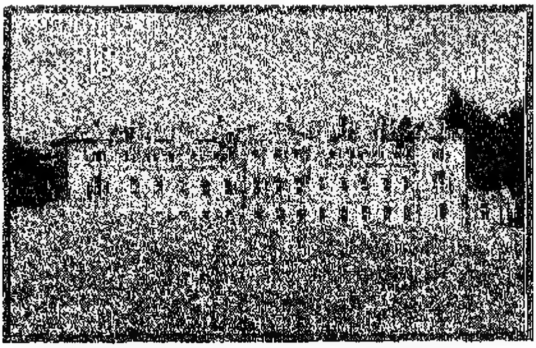
(1) المصدر السابق.
(2) المصدر السابق، (بتصرف).

هندسة بالاديو : Engineering Palladio



فيللا من أحد مكتب بالاديو عام 1736

هندسة بالاديو هي أسلوب أوروبي من الهندسة المعمارية تم اشتقاقه من تصاميم المهندس الايطالي اندريا بالاديو (Andrea Palladiao 1508-1580) يُشير التعبير بالاديو عادة إلى البنايات ذات الأسلوب الذي تم استلهامه من عمل بالاديو الخاص المعترف به كهندسة بالاديو المعمارية ، اليوم تطورت مفاهيم بالاديو الأصلية حيث أن عمل بالاديو كان مستنداً بقوة على التناظر والمنظور وقيم التناسب في المعابد الكلاسيكية للعمارة الرسمية اليونانية القديمة والرومانية ، منذ القرن السابع عشر تفسير بالاديو لهذه العمارة عُرف بالأسلوب المعروف بـ (Palladianism) ، وقد تواصل تطوير هذه الفلسفة حتى نهاية القرن الثامن عشر[1].



هندسة بالاديو في إنكلترا عام 1746

(1) Tavernor, Robert, (1979).Palladio and Palladianism (series "World of Art.

أصبح هذا الأسلوب ذو شعبية سريعاً في بريطانيا أثناء منتصف القرن السابع عشر، وفي أوائل القرن الثامن عشر عاد التصميم بقوة ليس فقط في إنكلترا لكن أيضاً في العديد من البلدان الأوروبية الشمالية، لاحقاً عندما بدأت شعبية هذا الأسلوب تتراجع في أوروبا، استحوذ على شعبية في أمريكا الشمالية، وخصوصاً في البنايات المصمّمة من قبل توماس جيفيرسن[1].

استمر الأسلوب في شعبيته في كافة أنحاء أوروبا حيث أستخدم كثيراً في تصميم البنايات العامّة والرسمية[2].

هندسة بحرية : Marine engineering

الهندسة البحرية: فرع هندسي يعنى بدراسة تصاميم السفن، اتزانها، بنائها، أسس الإبحار، المحركات البحرية، صيانتها... الخ، تختص الهندسة البحرية بـ:

- تصميم وإنشاء وبناء السفن.
- محركاتها بمختلف أنواعها مثل: ناقلات النفط- ناقلات الحاويات- ناقلات البضائع- ناقلات بضائع الصب- ناقلات الركاب- السفن السياحية- السفن السريعة- سفن الصيد.
- مجالات أخرى تهتم بها الهندسة البحرية:
  - حفر آبار النفط والغاز الطبيعي البحرية مثل مناطق الخليج العربي أو خليج المكسيك أو بحر الشمال في أوروبا.
  - يدرس تصميم وإنشاء المنصات البحرية والجزر الصناعية ومحطات التزود بالوقود للسفن.

(1) Frampton, Kenneth. (2001). Studies in Tectonic Culture. MIT Press. ISBN 0-262-56149-2.

(2) ويكيبيديا، الموسوعة الحرة، (بتصرف).

كما يعتبر المهندس البحري السلطة الثانية مع القبطان في تحديد سرعة التشغيل للسفينة أو تحديد حجم الحمولة في ظل الظروف المناخية المختلفة، ويضم مسمى المهندس البحري أيضاً صفة كبير المهندسين في الحياة العملية مع اشتراط الخبرة والكفاءة[1].

هندسة بصرية : Optical Engineering

الهندسة البصرية هي مجال الدراسة الذي يركز على تطبيقات البصريات.

البيروسكوب عبارة عن ميكروسكوب للجيب مجهز بعدسات تبادلية يمكنها تكبر الأشياء إلى مائتي ضعف ويمكن تصوير أي من المواد التي يجري فحصها به على الفور بمجرد الضغط على زر تخزين الصور المرتبط بقرص مدمج في حاسوب مجاور حيث يمكن عرض هذه الصور مباشرة على الشاشة بدرجة وضوح مقدارها 640 في 480 نقطة رقمية كما زود البيروسكوب بكابل للتوصيل الكهربائي.

استخدامات المنشور الثلاثي:

1- يستخدم في منظار الميادين.

2- يستخدم في تحليل الضوء الأبيض إلى ألوانه السبعة.

3- يستخدم في البيروسكوب المستخدم في الغواصات.

4- يستخدم في إضاءة الأماكن التي يصعب الوصول إليها لأن الضوء يسير في خطوط مستقيمة والمنشور الثلاثي ذات الزوايا 45 و90 يقوم بتغيير مسار الشعاع الضوئي بمقدار 90 و180 درجة[2].

---

(1) المصدر السابق.

(2) المصدر السابق.

هندسة بيئية : Environmental engineering

الهندسة البيئية Environmental engineering هو مجال يقوم على استعمال التطبيقات الهندسية والعلمية لخدمة البيئة وحمايتها ويشمل مجال واسع من المشاريع ذات العلاقة، يعمل مهندسو البيئة في القطاعات الصناعية والبحثية لانجاز حلول تهدف إلى التحكم بالتلوث بالإضافة لتنويع مصادر الطاقة وزيادتها إلى أكبر حد ممكن، كما تشمل اهتمامات مهندس البيئة مواضيع أخرى مثل قطاع المياه وإدارة الملوثات والتحكم بنوعية الهواء والحفاظ على التربة من التلوث والتخطيط المدني.

تاريخ الهندسة البيئية:

الهندسة البيئية قد أعطيت تعريفها واسمها المحدد منذ عام 1900م كفرع من الهندسة المدنية، فقد مورست من قبل المهندسين المدنيين منذ عام 1850م عندما أصبح للصحة العامة معاهد خاصة بها، كانت مشاريع الصرف الصحي والتزود بالمياه وحل مشاكلها الهيدروليكية من النشاطات الأولى للهندسة البيئية، انتشرت معالجة المياه بشكل سريع حوالي 1900م بينما معالجة المياه الملوثة تأخرت حتى أصبح لها معاهدها الخاصة بهذا العلم.

بدأت المحاولات التجريبية لمعالجة المياه الملوثة ببطء ولم تتشكل الأسس العلمية لتصميم منشآت المعالجة حتى عام 1950م، وفي هذه الأثناء بدأ قبول دراسات الماجستير بهذا المجال، ومنذ عام 1960 أصبح مجال التزود بالمياه وإدارة المياه الملوثة ومعالجتها أكثر انتشاراً وحددت كقضايا بيئية بينما بقي تعريفها تحت نطاق الصحة العامة.

الغرض منها:

الهندسة البيئية الآن تشمل ثلاثة أفكار رئيسية وهي:

1- حماية الناس من الأخطار الناجمة عن سوء نوعية الهواء والماء، بالإضافة إلى حمايتهم من الضجة والإشعاعات.

2- التخلص المناسب من الملوثات.

3- الأمن من تأثير الأضرار الناجمة عن النشاطات البشرية.

اهتماماتها:

إذاً فالهندسة البيئية وعلومها تمثل التطبيق المباشر للعلوم الفيزيائية والرياضية لتأمين الحلول لمشاكل كوكبنا ، إن العلماء والباحثين المهتمين بالبيئة بالإضافة إلى منهدسي البيئة يعملون لإيجاد طرق جديدة لحل المشاكل الموجودة في البيئة ولذلك تتنوع أعمالهم وعادة ما تشمل:

- إدارة الملوثات.
- التحكم بالمواد السامة.
- التزود بمياه الشرب.
- إدارة مياه العواصف المطرية.
- التخلص الآمن من الملوثات الصلبة.
- الحفاظ على الصحة العامة.
- إدارة الأراضي.
- الحماية من الإشعاعات.
- السلامة الصناعية.
- التحكم بنوعية الهواء وتلوثه.
- معالجة المياه الملوثة المنزلية والصناعية.
- حماية المصادر المائية (مسطحات- بحيرات- مياه جوفية... الخ).
- كما أن الهندسة البيئية تشمل مدى واسع من الأبحاث والدراسات والاختصاصات والتطبيقات في مختلف المجالات.

مهام وواجبات مهندس البيئة:

إن مهندس البيئة ربما يكون له صلة بالعمل مع مجموعات إدارة البناء والصحة العامة ضمن المدن، كما يلعب دوراً بوضع السياسات البيئية ، كذلك تعمل

الهندسة البيئية على تأمين بيانات شاملة وإحصاءات وتقارير عن مختلف التطبيقات الصناعية، وغالباً ما تتحدد واجبات المهندس البيئي بالأمور التالية:

1- تقدير وتخمين الشروط البيئية للمشاريع.
2- تطبيق العلوم والمبادئ الهندسية لتقدير وتقييم منطقة ما.
3- تحديد المقدرة الزراعية.
4- تحديد التأثيرات الاجتماعية والبيئية لمشاريع النقل.
5- تطوير الإجراءات المخففة لأي ضرر محتمل ضمن المشاريع حفاظاً على السلامة.
6- تأمين مصادر المياه المناسبة للاستعمالات الزراعية.
7- تحديد مواقع وجود مصادر مياه الشرب.
8- تصميم وتصنيع وسائل الاحتراق الصديقة للبيئة.
9- جمع البيانات والمساعدة بالحلول الصناعية وتطوير عملية الإنتاج غير المؤذية للبيئة.
10- تطوير وسائل قياس التلوث الهوائي وإيجاد الحلول العملية للتحكم بالتلوث الهوائي.
11- تحسين وسائل التحكم بالضجة المزعجة.
12- العمل مع مجموعات الصحة البيئية لوضع الاشتراطات البيئية.
13- يعتبر تخصص الهندسة الصحية البيئية المعروفة باسم (صحة البيئة) من أهم فروع الهندسة البيئة.

الهندسة الصحية البيئية (صحة البيئة):

تقوم صحة البيئة هنا بأعمال مراقبة جودة البيئة بكل مكوناتها وذلك من خلال القياسات المستمرة لعناصر البيئة وذلك بطريقة دورية لاكتشاف أي ملوثات أو متغيرات من شأنها أن يكون لها تأثير سلبي على صحة الإنسان:

1- مراقبة سلامة الغذاء.

2- مراقبة سلامة الهواء.

3- التخلص الآمن من النفايات الطبية.

4- مكافحة الحشرات.

5- مراقبة أعمال الهدم والبناء.

6- مراقبة جودة المياه[1].

هندسة تحليلية : Analytical Geometry

الهندسة التحليلية وتدعى أيضاً الهندسة الأحداثية أو التنسيقية وسابقاً الهندسة الديكارتية، هي فرع المعرفة الرياضية الذي تم من خلاله الربط بين فرعي الهندسة والجبر.

تعريف عام:

تهتم الهندسة التحليلية بالمواضيع ذاتها التي تهتم بها الهندسة التقليدية غير أنها تتيح طرقاً أيسر لبرهان العديد من النظريات وتلعب دوراً مهماً في حساب المثلثات وحساب التفاضل والتكامل، وتهتم أيضاً بدراسة الخواص الهندسية للأشكال باستخدام الوسائل الجبرية عادة تستخدم جمل إحداثيات ديكارتية لوصف نقاط الفراغ بدلالة أرقام هي الإحداثيات ثم يتم إيجاد المعادلة الجبرية التي تصف كلاً من الدائرة أو القطع الناقص أو القطع المكافئ...

تقوم الهندسة التحليلية على وصف الأشكال الهندسية بطريقة جبرية عددية، واستخراج معلومات رقمية من تمثيلات هندسية، مثال الشكل الجبري للدائرة هي: (x-2)^2+(y-2)^2=25) حيث نصف قطر الدائرة هنا هو (5) الذي حصلنا عليه من جذر الطرف الآخر من المعادلة، وبشكل عام: (س- أ)^2+(ص-ب)^2=ع^2 ونصف قطر الدائرة هنا هو (ع)، وتقع على مسافة (أ) من المحور الرأسي ومسافة (ب) من المحور الأفقي.

---

(1) المصدر السابق.

تستخدم الهندسة التحليلية نطاقاً إحداثياً يسمى النظام الديكارتي نسبة إلى العالم الفرنسي رينيه ديكارت (1596– 1650) صاحب الفكرة الأساسية للربط بين الهندسة والجبر وهي تمثيل كل نقطة في المستوي ببعديها عن مستقيمين متعامدين يلتقيان في نقطة تسمى نقطة الأصل (0، 0)، يسمى المستقيمان المتعامدان محوري الإحداثيات 0 المحور الأفقي هو المحور السيني والمحور الراسي هو المحو الصادي ويحدد موقع النقاط في المستوي بإعطائها إحداثيين على خطي الأعداد.

س، ص ويسمى س الإحداثي السيني وهو يحدد موقع النقطة بالنسبة لمحور السينات بينما يحدد ص الإحداثي الصادي موقع النقطة بالنسبة لمحور الصادات ويكتب هذان الإحداثيان على صورة زوج مرتب (س، ص).

- ترتبط كل نقطة في المستوي بزوج مرتب وحيد من الأعداد (س، ص) وأيضاً كل زوج مرتب يرتبط بنقطة واحدة وواحدة فقط في المستوي.
- محوري الإحداثيات يقسمان المستوي الإحداثي إلى أربعة أرباع: الربع الأول = ة (س، ص): س < 0، ص < 0: س، ص ي ح، الربع الثاني = ة (س، ص): س > 0، ص > 0: س، ص ي ح، الربع الرابع = ة (س، ص: س < 0، ص > 0: س، ص ي ح، كذلك يمكن وصف المحور السيني والمحور الصادي كمجموعة من النقاط كالتالي:- المحور السيني = ة(س، ص): س ي ح، ص = 0 ، المحور الصادي = ة (س، ص) : ص ح، س= 0

بعض القوانين في الهندسة التحليلية:

❖ المسافة بين نقطتين في مستوي الإحداثيات لتكن أ ب قطعة مستقيمة أ (س1 ، ص1)، ب (س2، ص2) فان المسافة بين النقطتين ا ، ب هي:

(اب)^2=(س1- س2)^2+(ص1- ص2)^2

[عدل] إحداثياً نقطة المنتصف للقطعة المستقيمة أ ب هي:

[x1 + x2) / 2,(y1 + y2) / 2)]

❖ ميل الخط المستقيم:

"تعرف": هي الزاوية المحصورة بين محور السينات الموجب والمستقيم الميل يساوي فرق الصادات على فرق السينات.

م= (ص2- ص1)/(س2- س1):حيث أن س1 لا تساوي س2

ملاحظة: المستقيم الذي يوازي محور الصادات ليس له ميل والمستقيم الذي يوازي محور السينات ميله يساوي صفر.

والميل يساوي ظل الزاوية المحصورة بين محور السينات الموجب والمستقيم

م= ظاه[1].

هندسة تطبيقية : Engineering

الهندسة التطبيقية Engineering هي فن واحتراف اكتساب المهارات الفنية والعلمية والحسابية وتطبيقها لتصميم وتنفيذ المنشآت والماكينات والاختراعات والأدوات وكافة الأنظمة والعمليات المطلوبة للوصول إلى هدف معين، بمعنى آخر هي فن تطبيق المعارف النظرية والتجارب الحياتية في حياتنا لتحسين الأشياء التي نستعملها أو المنشآت التي نعيش فيها، عرفها مجمع المهندسين الأمريكي للتطوير (بتصرف) بأنها "التطبيق الفعلي المبادئ العلمية النظرية لتصميم أو تطوير المنشآت والماكينات والأدوات أو عمليات التصنيع سواء تصميم كل عملية بمفردها أو تصميم العملية بالكامل أو التنبؤ بسلوك هذه العمليات تحت ظروف التشغيل، كل ذلك لأداء الهدف المقصود بشكل اقتصادي وآمن"، الإنسان الذي يمارس الهندسة يسمى مهندس، وهؤلاء المصرح لهم بفعل ذلك قد يكون لهم تسميات رسمية تختلف أحياناً بين الدول- مهندس أو كبير مهندسين أو مهندس خبير أو مهندس تصميمات أو مهندس موقع أو مهندس فني في الدول العربية، تخصص الهندسة يتضمن العديد من التخصصات وبالتالي تسميات مختلفة لهؤلاء الأشخاص الذين يعملون في تلك التخصصات وكل ذلك يختلف باختلاف المجال أو التطبيق المطلوب.

---

(1) ويكيبيديا، (بتصرف).

تاريخ الهندسة:

مفهوم الهندسة وجد قديما خلال محاولات البشر لتطوير الابتكارات الأساسية مثل البكرات والروافع والعجلات، وهذه الابتكارات تطورت بالتوافق مع مفهوم الهندسة الحديث، ومحاولات تطبيق المبادئ الميكانيكية الأساسية لتطوير أدوات وأشياء مفيدة.

أما مصطلح الهندسة العربي فتاريخه وللأسف مجهول نظراً لأن مصطلح الهندسة غير عربي والمهندسين العرب كانوا يستخدمون الأدوات لاستعمالها في عدة مجالات في البناء والفن والفلك وطرق التنقل وإيجاد الحلول الناجعة لمشاكل عديدة كنقل المياه مثلاً فقد اخترعت النواعير وابتكرت أساليب عديدة لترشيد استخدام المياه في الزراعة وتم ابتكار أسلوب الري بالتنقيط وآلات تستخرج الماء الصافي من مياه البحر وتم توظيف الهندسة عند العرب في البناء والتصميم فقد شهد العالم العربي قديماً تطوراً عمرانياً هائلاً فقد صممت القصور والأبنية والشوارع على درجة عالية من الدقة والروعة والشواهد على ذلك لا تعد ولا تحصى، كما استخدمت الهندسة للأغراض العسكرية فبنيت الحصون والقلاع العتيدة وآلات حربية كثيرة، أثبت المهندسين العرب كفاءة قديماً وحديثاً لا يمكن التغاضي عنها.

الأساليب الهندسية:

المهندس خلال عملة يطبق الفيزياء والرياضة لإيجاد أيسر الحلول وأكثرها اقتصادية، في مجال التصميم يحتاج المهندس إلى علوم أخرى تتعدى الفيزياء والرياضة.

مثلاً بعد التصميم والإنتاج يسأل المهندس نفسه عن تكاليف المنتج وعن عامل الأمان وعن اقتصادية المنتج فليس معنى أن التيتانيوم أصلب وأجود أن نستعمله في كل شيء فهذه علوم ضرورية.

تحديد المشكلة وحلها:

عندما يقابل المهندس مشكلة ما لابد من التفكير الهادئ ثم استعمال الرياضيات والفيزياء ثم تجربة حياته في هذه المشكلة، فلا بد للمهندس أن تكون عقليته رياضية في التفكير والتنفيذ.

في حالة حل المشاكل الهندسية لابد من اختيار أبسط الحلول وأيسرها وذلك عند توافر الحلول، قد يقابل المهندس في حالة تصميم شيء ما مشاكل أو نتائج لا يمكن الوصول إليها رياضياً أو نظرياً، أن يقوم ببناء نموذج ما ويدخله في اختبارات العمل فإذا نجح النموذج يكون بإمكان المهندس أن يقوم بتكبير الأبعاد على الشيء الحقيقي، يمكن معرفة ذلك في دراسة ديناميكا الهواء..

استخدام الحاسب:

قبل القرن العشرين كانت الأعمال الهندسية تحتاج من المهندسين وقتاً للدراسة والاستنتاج والتجربة، حتى تمكن من ابتكار الحاسب الآلي.

الآن توافرت أساليب وابتكارات عدة يعتمد عليها المهندس، إلا أن الحاسب الآلي هو الأداة الرئيسة التي لا يمكن الاستغناء عنه، حيث توافرت البرمجيات التي تساعد كافة التخصصات والمجالات الهندسية.

باستخدام الحاسب يمكن بناء نماذج مصغرة ووضع الحسابات والاختبارات ونقل ذلك على الطبيعة بنجاح، فمثلاً في مجال العمارة والهندسة المدنية يمكن استخدام الأوتوكاد لرسم نموذج مصغر للعمل المطلوب إنجازه، وفي مجال التصميم والآلات يمكن استخدام برنامج السولدوركس أو solid works لبناء النموذج ورسمه ووضع الأبعاد اللازمة ودراسة حركته، وغير ذلك مما يمكن استخدامه في مجال صب المعادن والاتصالات والشبكات والتحكم عن بعد، وغير ذلك من البرمجيات كلٌ في موضعه.

يمكن استخدام البرمجيات مثل سي. إن. سي في المصانع والورش الإنتاجية، لإنتاج منتجات دقيقة جداً، وغير معيبة إلا أنها يسوؤها غلو سعرها.

لا يمكن الجزم بأن البرمجيات أدت إلى تطور كبير لأن البرمجيات تؤدي إلى إلغاء المهارات التي لابد للمهندس منها والتي أصبحت بالبرمجيات مهارات حاسوبية.

الهندسة ودورها في المجتمع:

الهندسة هي حرفة تمتد من مجال العمل في المشاريع والأعمال الضخمة إلى العمل في المجالات الصغيرة الفردية.

الأماكن التي يمكن العمل فيها بالهندسة قد تكون مكتب للمعمار، أو شركة، أو وكالة للاتصالات، أو مصنع، أو قد يكون مجموعة من المستثمرين، وقد يكون هيئة حكومية معتمدة كدار المساحة في مصر.

للهندسة دور حيوي في المجتمع حيث تعبر هيئة العمائر والشركات والمنتجات على طبيعة وذوق وطريقة المهندسين بتلك البلد، فأحياناً يرى الإنسان السيارة قبل أن يعرف طرازها أن يعرف إذا كانت ألمانية أو يابانية أو أمريكية، وهكذا، وكذلك للطرز المعمارية أشكال تختلف من دولة لأخرى وإن تشابهت معظم الناطحات الحديثة، لكن قديماً يمكن تمييز المعمار الإسلامي عن المسيحي عن الهندي عن اليوناني، وهكذا..

طبيعة التصميم الهندسي يؤثر على البيئة بشكل كبير فقد كانت المصانع قديماً تخرج نفايات وغازات تؤثر على البيئة والصحة، بل كانت الثلاجات القديمة التي كانت منتشرة بكل العالم تستعمل الفريون وقد عدت حديثاً ضارة للبيئة، وأيضاً فما يحدث في الأرض من تغيرات مناخية هي في ذاتها ناتجة من الهندسة والمهندسين..

المهندس ووظيفته:

في جميع أنحاء العالم المتحضر، فإن الأعمال الحيوية الهامة كتصميم المباني والجسور ومحطات توليد الطاقة والمصانع لابد أن يقوم بها مهندس محترف مختص مرخص له ذلك وقد يكون بالاشتراك بين مجموعة من المهندسين.

يدرس المهندس في الجامعات أو المعاهد الحكومية أو الخاصة لمدة لا تقل عن خمس سنوات في كثير من دول العالم وبعد تخرجه يعمل لفترة من الزمن تحت إشراف مهندسين خبراء يقوم بتنفيذ أعمالهم في المواقع حتى يكتسب الخبرة، ولابد

له أن يكون واعياً للظروف الطبيعية ونوعيات الموارد والمواد المستخدمة التي تختلف بين الدول كما يجب عليه أن يتبع المواصفات القياسية المعتمدة في دولته كالمواصفات القياسية المصرية للمعادن أو للتربة وغيرها ، فغالب الدول العربية تكون بإنشاء المشاريع على رمال أو أراضي زراعية ذات تربة رملية أو طفلية فإنه يجب مراعاة ذلك.

العلاقة بين الهندسة وتخصصات أخرى:

❖ العلوم والهندسة:

(العلماء يدرسون العالم كما هو، بينما المهندسون يخلقون عالماً لم يكن موجود) من أقوال تيودور فن كامان.

هناك صلة وثيقة بين العلوم النظرية والهندسة، حيث أن الهندسة اشتقت أساساً من العلم، والمهندس لا يطبق إلى العلم بل إن كثيراً من المهندسين والعلماء يطلقون أحياناً على الهندسة أنها العلم التطبيقي، كلا المجالين يدرسان المادة وأنواعها والظواهر الطبيعية وأنواعها وطرق الاستفادة والدراسة وغير ذلك، كلا المجالين يستخدم ويطبق الرياضيات ومبادئها.

العلماء النظريون يطبقون فروضاً من وضعهم يحتاجها الخبراء المهندسون أحياناً، وقد يقومون ببناء نموذج لمبنى أو لمنشأ ما وذلك إذا دعت الحاجة وهذا من أعمال المهندسين، من جهة أخرى، فإن المهندسين في خلال أعمالهم قد يجدون أنفسهم يقومون باكتشاف ظواهر جديدة أي أنهم يقومون بأعمال العلماء.

إن المهندسين قد يحتاجون في بادئ الأمر إلى قوانين أو نماذج هي من وضع علماء نظريين لكن عند التطبيق الحيوي فإن المسائل تكون أصعب وبالتالي تكون النتائج وطرق الحل تحتاج إلى فرضيات غير معملية يعرفها المهندسون، مثلاً عند تطبيق فيزياء الاحتراق النظرية في الطبيعة يكون الأمر مستحيلاً وبلا فائدة نظراً لسلوك المادة المستعملة التي تختلف باختلاف نوعها وبالتالي طرق استخدامها، أيضاً

معروف أن الموتور الكهربائي مبني أساساً على قانون فارادي وهو في حد ذاته نظري بينما عند التطبيق تكون هناك فرضيات جديدة يعرفها المهندسون لخبرتهم في ذلك.

عندما يتشارك كلا المجالين في عمل حيوي ما لا يمكن الاستغناء عن أحدهما دون الآخر في هذا العمل كبناء جسر ما أو سد مائي فإنه يشترك المهندس مع الجيولوجي مع عالم البحار في منظومة واحدة وكما نرى لا يمكن الاستغناء عن أحدهما دون الآخر.

❖ **الهندسة والطب وعلم الأحياء:**

دراسة جسم الإنسان– من بعض النواحي- تمثل قاسماً مشتركاً بين الهندسة والطب، الطب في غايته هدفه حفظ وتعزيز جسم الإنسان حتى بإبدال وظيفة أو عضو من جسم الإنسان وذلك باستخدام التكنولوجيا، من هنا يظهر صلة الطب بالهندسة.

الطب الآن يستطيع إبدال عضو من جسم الإنسان بعضو صناعي وذلك عند فساد العضو الطبيعي، يستطيع الأطباء الآن استخدام الابتكارات التكنولوجية الحديثة في العمليات الدقيقة حيث هناك الآن أجهزة تقوم بوظائف بعض أعضاء الإنسان تسمى القلب الصناعي أو الرئة الصناعية أو الكبد الصناعي بل أن هناك جهاز شائع الاستخدام خلال العمليات هو جهاز التنفس الصناعي وهو يقوم مقام الأنف والرئة، بل إن الابتكارات الهندسية من معدات الطبيب كالسماعة وهي الأداة الأساسية هي من اختراع مهندس، والليزر المستخدم في العمليات الدقيقة وتفتيت حصى الكلى هو من اختراع مجموعة من المهندسين، وما إلى ذلك.

على النقيض، فإن المهندسين من خلال تخصص ما يسمى الهندسة الطبية ينظر للإنسان على أنه آلة أو أداة أو ماكينة من نوع ما، ويحاولون بكافة الطرق استبدال وظائف الإنسان أو عضو من أعضائه أو محاولة محاكاته، وهذا فتح مجالات أخرى كمجال الذكاء الصناعي، أو الأجهزة الآلية والإنسان الآلي وغير ذلك مما يمكن قراءته في التخصصات.

كلا المجالين يمدان الباحثين بحلول المشكلات الحيوية وكلاهما أيضاً يعطيان حلولاً لمشكلات قبل أن تقع أصلاً، يدرس الأطباء الآن جسم الإنسان ويقومون بحل مشكلاته بطرق تكون في حد ذاتها طرق هندسية وقد يتنبهون لذلك أو لا.

مثلاً القلب عند الأطباء يضخ الدم فيتصوره المهندسون أنه كالمضخة يضخ الدم في العروق بقوة معينة، والمخ يعتبره الأطباء العضو الرئيسي المتحكم في كل أعضاء الجسم فيتصوره المهندسون على أنه منشأ به كمية من الروافع والبكرات وكل بكرة متصلة بعضو من الأعضاء وبالمخ أداة أو جهاز يقوم بإرسال نبضات كهربية تتأثر به البكرة والرافعة فيتأثر العضو فيرتفع أو ينخفض أو هكذا، عندما يتصور الأطباء والمهندسون جسم الإنسان بهذه الصورة تكون مشكلات الجسم في طريقها إلى إيجاد حل لها.

أيضاً يحاول المهندسون إيجاد حل أو بديل للأعضاء الثابتة كالعظام المنكسرة أو الجلد المتهتك، فقد قال المهندس الدكتور (نبيل فتح الله بالجامعة الأزهرية) أنه قد توصل المهندسون إلى إيجاد سبيكة من نوع ما تقارب في كثافتها كثافة العظام، وقاموا بسحقها وخلطها بالملح أو أي نوع من الأملاح، وقاموا بتشكيلها بصورة تقارب صورة العظام وسبكها في درجة حرارة عالية فيختفي الملح ويظل مكانه فارغاً بصورة تشبه عظام الإنسان وهكذا، يمكن تركيبها مكان العظمة التي لا يمكن إيجاد حل طبي لها.

❖ **الفن والهندسة:**

هناك صلات بين الفن والهندسة، حيث يمكن للفنان المتمرس أن يقوم بأعمال العمارة، والتزيين بل والتصميم الصناعي فهو يحتاج إلى فن أكثر من الهندسة- فكثيراً ما يضطر المهندس المحترف إلى استعمال فنه وإحساسه قبل استعمال الهندسة- رغم أن تلك التخصصات هو أقسام حقيقة داخل كليات الهندسة.

فمثلاً معهد الفن بشيكاغو عقد مؤتمراً لبحث فنيات تصميمات ناسا للطيران، كما أن هناك كثيراً من الأعمال الهندسية عدت عملاً هندسياً أكثر منه

فنياً، كبرج إيفل مثلاً، وأمثلة أخرى كثيرة كجسر البوابة الذهبية، وأكثر تصميمات السيارات التي تحوذ على إعجاب المشترين بانسيابها.

وبعض مشاهير المهندسين كانوا فنانين وأقرب الأمثلة هو ليوناردو دافنشي، والمعماري عبد الحميد سينان التركي صاحب التصميمات الهندسية الفنية الرائعة بتركيا.

❖ **مجالات أخرى:**

في مجال العلوم السياسية استعير لفظ (الهندسة) للإشارة إلى دراسات جديدة تحت مسمى الهندسة الاجتماعية والهندسة السياسية، اللتان تهدفان إلى دراسة تشكيل إنشاءات اجتماعية وسياسية عن طريق استخدام الطرق الهندسية بالإضافة إلى مبادئ العلوم السياسية.

من فروع الهندسة التطبيقية:

هندسة كهربائية- هندسة إلكترونية- هندسة الاتصالات- هندسة ميكانيكية- هندسة معمارية- هندسة مدنية- هندسة زراعية- هندسة المساحة- هندسة بيئية- هندسة النقل- هندسة بحرية- هندسة جيوتكنيكية- هندسة كيميائية- هندسة صناعية- هندسة البترول- هندسة الطيران والفضاء- هندسة الصواريخ- هندسة الحاسوب- هندسة البرمجيات- هندسة النظم- هندسة الشبكات- الهندسة الطبية الحيوية- هندسة الوراثة- هندسة المعادن والمناجم- هندسة الطاقة- ميكاترونكس- بيونيك.

هندسة تعدين: Mining Engineering

هندسة المعادن والمناجم هي هندسة مختصة بالمعادن وكيفية تطويعها والتحسين من مواصفاتها للوصول إلى المواصفات الهدف لتلبي احتياجات ومتطلبات عمل أو مشروع ما.

أيضاً هذا النوع من الهندسة يختص بأماكن تواجد المعادن وكيفية التنقيب عنها واستخرجها ومن ثم معالجة المعادن المستخرجة عبر صهرها ومن ثم مزجها بمواد كيميائية، وتمثل أسس الهندسة التطبيقية ومبادئ الإدارة والاقتصاد جوهر هندسة التعدين، وتتنوع مجالات عمل مهندس التعدين من المحاجر إلى مصانع الاسمنت ومواد البناء إلى مصانع المعالجة الكيميائية، ويمكن تقسيم طرق استخراج المعادن إلى طريقتين رئيسيتين هما: استخراج المعادن بالطرق السطحية أو ما يسمى open cast mining استخراج المعادن تحت سطح الأرض أو ما يسمى underground mining ويتم تحديد الطريقة المثلى لمهندس التعدين تبعاً لما يسمى معامل الغطاء أو striping ratio وهو ببساطة كمية الصخور المزاحة للوصول للخام، وذلك اعتماداً على التكلفة وحجم العمليات التي ستجرى فيما بعد[1].

هندسة تفاضلية: Differential Geometry

في الرياضيات، الهندسة التفاضلية هي الحقل الذي يتعامل مع دالة قابلة للمفاضلة differentiable على متعدد فروع Manifold قابل للمفاضلة أيضاً، يظهر طبيعياً من دراسة نظرية المعادلات التفاضلية.

أما الهندسة التفاضلية فهي دراسة الهندسة باستعمال حساب التفاضل والتكامل، هذه الحقول مترابطة، ولها العديد من التطبيقات في الفيزياء، بشكل خاص في نظرية النسبية، وهم سوية يكونون النظرية الهندسية لمتعددات الفروع القابلة للمفاضلة- الذي يمكّن أيضاً من دراستهم مباشرة من وجهة نظر نظام ديناميكي[2].

هندسة ثنائية الإنطاق: Engineering bilateral rationalization

في الرياضيات، الهندسة ثنائية الإنطاق birational geometry هي أحد فروع الهندسة الجبرية التي تتعامل مع هندسة التغيرات الجبرية algebraic variety المعتمدة فقط على حقل الدوال.

(1) المصدر السابق.

(2) المصدر السابق.

الإسهامات الأساسية في الهندسة ثنائية الإنطاق ضمن نطاق ثنائي البعد تم على يد المدرسة الإيطالية للهندسة الجبرية ثم تطورت لتشمل أبعاداً أكثر[1].

هندسة جبرية : Algebraic geometry

الهندسة الجبرية Algebraic geometry هي أحد فروع الرياضيات التي تدمج الجبر التجريدي خصوصاً الجبر التبديلي مع الهندسة الرياضية.

تحتل الهندسة الجبرية مكاناً مركزياً في الرياضيات الحديثة، ولها علاقات مختلفة مع فروع الرياضيات الأخرى كالتحليل العقدي، الطوبولوجيا، ونظرية الأعداد.

يمكن أن نراه على أنه مجموعات حلول لجمل المعادلات الجبرية، عندما لا يكون هناك أكثر من متغير واحد تدخل الاعتبارات الهندسية في الموضوع كثيراً لفهم الظاهرة المدروسة[2].

هندسة حيوية : Engineering Dynamics

الهندسة الحيوية (يطلق عليها أيضاً اسم هندسة الأنظمة الحيوية Biosystems Engineering) تخصص علمي جديد يتعامل مع هندسة العلميات الحيوية بشكل عام، فهو هندسة تطبيقية واسعة الأساس يمكن أن تشمل تصميم منتجات، تحسس وتحليل الأنظمة الحيوية.

بشكل عام المهندسون الحيويون يتعاملون مع الحقول الطبية أو الزراعية[3].

---

(1) المصدر السابق.

(2) W. V. D. Hodge; Daniel Pedoe (1994). Methods of Algebraic Geometry: Volume 1. Cambridge University Press. ISBN 0-521-46900-7.

(3) ويكيبيديا، (بتصرف).

هندسة دقيقة : Engineering accurate

الهندسة الدقيقة هي فرع من فروع الهندسة الميكانيكية والهندسة الكهربائية والهندسة البصرية والتي تهتم بدراسة وتصميم الآلات والأجهزة والمعدات الأخرى التي لها دقة عالية بشكل كمي وثابت على مر الزمن، تتنوع تطبيقات الهندسة الدقيقة من آلات التشغيل، النظم الكهروميكانيكية الصغرى، أجهزة القياس، وغيرها.

المبدأ الأساسي في الهندسة الدقيقة هو أن سلوك الآلة يكون كامل الفهم وتحت السيطرة، ولا يوجد أي شيء تقوم به الآلة بشكل عشوائي أو غير مضبوط، بحيث أن كل شيء يحدث بوجود سبب، وبالتحكم بالأسباب يكون من الممكن قياس وتصغير التأثيرات على دقة الآلة[1].

هندسة رياضية حاسوبية : Computational geometry

الهندسة الرياضية الحاسوبية Computational geometry هي فرع من المعلوماتية التي تختص بدراسة الخوارزميات التي من الممكن تمثيلها هندسياً.

تطبيقات الهندسة الرياضية الحاسوبية:

كان من أهم حوافز تطور الهندسة الرياضية الحاسوبية هو تطور فروع الرسوميات الحاسوبية، التصميم بمساعدة الحاسب CAD، التصنيع بمساعدة الحاسب CAM وغيرها.

كما تستخدم أيضاً في دراسة الروبوت (تخطيط المسارات ومسائل الرؤية)، نظم المعلومات الجغرافية GIS، تصميم الدارات المتكاملة، وغيرها[2].

---

(1) المصدر السابق.

(2) المصدر السابق، (بتصرف).

هندسة رياضية متقطعة : Geometry intermittent

الهندسة المتقطعة هو فرع الهندسة الرياضية الذي يدرس الأجسام وخصائصها في الفضاء المتقطع، وهي دراسة لا تعتمد على افتراض استمرارية الأجسام.

تطبيقات الهندسة المتقطعة:

للهندسة المتقطعة تطبيقات عديدة في الهندسة الرياضية الرقمية، الهندسة الرياضية الحاسوبية، الهندسة المنتهية وغيرها.

مواضيع الهندسة المتقطعة:

- بوليتوب.
- تثليث.
- مبرهنة بيك.
- قضية شبرينر.
- هندسة تفاضلية متقطعة(1).

هندسة رياضية : Mathematical Engineering

الهندسة الرياضية (الجُومِطرِيا) أحد فروع الرياضيات التي تتعامل مع العلاقات المكانية (الحيزية)، وما يمكن تشكيله من ارتباط نقاط الفراغ لتعطي ما يدعى بالأشكال الهندسية، في البداية كان الرياضيات فرعان فقط: دراسة الأعداد والهندسة، لكن التطورات اللاحقة للرياضيات شهدت نشوء فروع متعددة أهمها الجبر لحقها عملية تداخل الهندسة مع الجبر (تعد عملية حسبنة الهندسة وجبرنة الهندسة حسب مصطلحات رشدي راشد أهم إسهامات العلماء العرب المسلمون في تطوير الرياضيات).

---

(1) ويكيبيديا، (بتصرف).

يميّز الناس الفضاء ببعض المعايير الأساسية، أو ما يسمى بالمسلمات، التي تؤسس الهندسة، مثل هذه المسلمات لا تحتاج إلى برهان، لكن يمكن أن تستخدم بالارتباط مع التعاريف الرياضية للنقاط، الخطوط المستقيمة، الأقواس، السطوح، والمساحات للتوصّل إلى استنتاجات منطقيّة، والهندسة الرياضية يطلق عليها علم الفراغات لأنها تدرس الهندسة في أبعادها المختلفة، شهدت الرياضيات الحديثة توسعاً هائلاً في علوم الرياضيات وتفرعت الهندسة لعدة فروع بعضها يتعامل مع فضاءات لاإقليدية، وصلت الهندسة إلى مستويات عالية من التجريد والتعقيد، وأصبحت حقلاً تطبيقياً لفروع حديثة من الرياضيات مثل علم الحسبان والجبر التجريدي، لذلك نجد صعوبة في التمييز بين فروع الرياضيات حالياً بعكس ما كان عليه الحال في بدايات البحث الرياضي.

بواكير الهندسة:

أول بدايات للهندسة سجلها التاريخ تعود لعصور قديمة قبل الميلاد في مصر القديمة والهند وبلاد الرافدين (رياضيات مصرية ورياضيات هندية ورياضيات بابلية)، كانت الدراسات الهندسية القديمة تهتم بمكتشفات بسيطة تخص مواضيع الأطوال والزوايا والمساحات والحجوم التي طورت لتلبي حاجات البناء والعمارة وعلم الفلك، بعض مواضيع الهندسة القديمة كانت متقدمة بشكل ملفت خصوصاً أن البعض يعتبر مثل هذه الدراسات صعبة بدون معرفة علوم رياضية حديثة مثل الحسبان Calculus مثلاً كان المصريون والبابليون يعرفون بشكل ما، ما يمكن اعتباره صيغة تشبه نظرية فيثاغورس، كما هناك دلائل أن البابليين كان لديهم جداول مثلثية.

أنواع الهندسة الرياضية:

هندسة مطلقة- هندسة أفينية- هندسة جبرية- هندسة تحليلية- هندسة ثنائية الإنطاق- هندسة عقدية- هندسة توافقية- هندسة حاسوبية- هندسة تشكيلية- هندسة اتصال- هندسة وصفية- هندسة تفاضلية- هندسة

رقمية- هندسة منفصلة- هندسة مسافة- هندسة قطعية زائدة- هندسة إقليدية- هندسة محدودة- هندسة الأعداد- هندسة إطنابية- هندسة معلومات- هندسة تكاملية- هندسة عكسية- هندسة لا إقليدية- هندسة عددية- هندسة قطعية- هندسة مستوية- هندسة إسقاطية- هندسة ريمانية- هندسة كروية- هندسة اصطناعية- هندسة تحويلية[1].

هندسة زراعية : Agricultural engineering

الهندسة الزراعية هي تطبيقات هندسية في مجالات الزراعة وتعد جزء من علوم الهندسة وتتفرع إلى عدة مجالات منها الإنتاج الزراعي ومنها إدارة الموارد الطبيعية، والمهندسون الزراعيون يطبّقون معرفة ومهارات هندستهم لحل مشاكل تتعلق بالإنتاج الزراعي المستمر، ويؤدون أعمال التصميم الزراعي وتصميم الآليات والأجهزة الزراعية ويؤدّون مهام التخطيط، والإشراف ويديرون إنتاج خطط كخطط معامل الألبان المتدفّقة والريّ والتصريف ويطوّرون الطرق لحفظ التربة والماء، كذلك يعمل المهندسون الزراعيون على تقدير التأثيرات البيئية ويترجمون نتائج البحث ويطبّقون الممارسات ذات العلاقة، وبعض الخاصيّات تتضمّن النظام الكهربائي وآليات تصميم التراكيب وعلم البيئة والغذاء وتحسين ومعالجة المنتج الزراعي.

وتنقسم لعدة أقسام منها:

- هندسة الري والصرف الزراعي- الميكنة الزراعية- التصنيع الزراعي- صناعات غذائية- بساتين- الإنتاج الحيواني- إنتاج محاصيل- التقانة الحيوية وتربية النبات والهندسة الوراثية- تصميم الحدائق واللاندسكيب (هندسة الحدائق)- اقتصاد زراعي- علم المراعي الحراج والغابات- علم البيئة[2].

---

(1) المصدر السابق.

(2) المصدر السابق، (بتصرف).

هندسة صناعية : Industrial engineering

الهندسة الصناعية Industrial engineering هو فرع الهندسة الذي يهتم بالعلوم التي تخدم فن التصميم الميكانيكي وعمليات الإنتاج والتصنيع المختلفة، وكل ما يخدم ذلك في الأساس كالتخطيط والتصميم والتصنيع والتجميع والاختبار والفحص والتحليل والمعالجة والتطوير للحصول على أفضل قيمة مقابل أقل تكلفة، وهي تمسك هذه الشؤون من الجهة الإقتصادية ومن جهة التنظيم الصناعي.

يعطى هذا التخصص الهندسي مسميات عدة كهندسة الدقة كما في اليابان وهندسة التصنيع أو الهندسة الصناعية كما في الولايات المتحدة.

أغلب التعريفات الرسمية للهندسة الصناعية تنص على أنها "المجال الهندسي الذي يهتم باستخدام الرياضيات والعلوم المختلفة لتصميم ودراسة وتحليل وتطوير النظم التي تحتوي على آلات أو معدات ومواد وبشر بما يضمن أفضل أداء لهذه النظم وبأقل تكلفة ممكنة"، إن العديد من التخصصات الهندسية الأخرى مثل الهندسة الميكانيكية والكهربائية تقوم بالاهتمام بدراسة الآلات والمعدات، والعلوم الاقتصادية تهتم بالاستخدام الأمثل للموارد المادية البشرية، وعلوم النفس والاجتماع تهتم بالجانب الإنساني، لكن مهنة الهندسة الصناعية ظهرت لتعبئة الفجوة بين هذه المجالات المختلفة، فلو نظرنا إلى التخصصات الهندسية المختلفة (والتي تعتبر علوم تطبيقية) سنجد أنها تهتم بجانب تصميم وعمل الآلات والمعدات دون أن تأخذ في أعتبارها طبيعة البشر الذين سيشغلون هذه المعدات وتكاليف تصنيعها وتشغيلها، وفي الجانب الأخر (العلوم الإنسانية: اقتصاد، إدارة..الخ) فإنها تهتم بتكاليف تشغيل المعدات والآلات وكيفية استغلالها الاستغلال الأمثل دون معرفة تقنية عن كيفية عملها وممَ تتكون، ظهر المهندس الصناعي ليغطي هذه الفجوة بين العلوم الهندسية التطبيقية، وبين العلوم الإنسانية الاقتصادية والاجتماعية، المهندس الصناعي يتم تدريبه على جميع أساسيات ومهارات الهندسة التقليدية من رياضيات وفيزياء وعلوم مواد وميكانيكا...الخ، وكذلك يتم تدريسه مجموعة من مفاهيم ومهارات العلوم

الإنسانية مثل الاقتصاد والإدارة وعلم النفس...الخ، ويتم كذلك تزويده بمجموعة من التقنيات والأساليب (مثل بحوث العمليات وهندسة العوامل البشرية والإيركونومكس، والإحصاء التطبيقي وغيرها) التي تساعده على ربط هذه المجالات ببعضها والتعامل معها كوحدة واحدة متكاملة.

ظهرت الهندسة الصناعية لتكملة التخصصات الهندسية التقليدية وتغطية الجوانب المهملة فيها وربطها بالجوانب الاقتصادية والإنسانية، يتم إعداد المهندس الصناعي بطريقة منهجية علمية لرؤية الصورة العامة والكاملة (الكبيرة) للنظام ككل وربط عناصره المختلفة (المواد والمعدات والبشر) بما يضمن أمثل أداء له.

الهندسة الصناعية هي مجال من مجالات الهندسة وطبيعة التخصص تجعل له دور في إي مجال صناعي (يشمل على بشر ومواد ومعدات) سواء كان إنتاجي أو خدمي، من شركات التصنيع التي تنتج سلع ملموسة مثل الصناعات الغذائية والهندسية المختلفة إلى الشركات والمؤسسات التي تنتج وتقدم الخدمات، مثل المطارات والطيران، والفنادق، والبنوك، والمستشفيات، وغيرها فهو يعتبر مجال عام لتحقيق أهداف الإدارة من خلال إعداد الخطط، والتنظيم الجيّد، والحفاظ على الجودة وتطبيقها، والتعامل مع العاملين وغيرها، ومن الممكن للمهندس الصناعي الوصول للمناصب الإداريّة نظراً لعمله القريب من الإدارة ومهمّاتها، المهندس الصناعي في كلمة مختصرة، هو جسر بين الإدارة وأهدافها، وهناك العديد من التعريفات للهندسة الصناعية ولكن هناك خطوط رئيسية لها:

- تطوير طرق للاستفادة المثلى من البشر، والآلات، والأدوات، وغيرها من أجل التوصل لأفضل الطرق اقتصادياً لتقديم خدمة أو تصنيع منتج.
- تهتم الهندسة الصناعية بتحسين وتطوير نظم متكاملة من البشر، والأدوات، والطاقة، ويلزم لها معرفة بعلم الرياضيات، والعلوم الاجتماعية.

في عصر متسارع الخطوات لا تُقبل منتجات أو خدمات جودتها ضعيفة، إن المنافسة في الأسواق المحليّة والعالميّة لا تعتمد على أحلام الحالمين ولكنها تعتمد على مقدار الجهد المبذول من أجل الوصول إلى إرضاء العميل (الزبون) ومن أجل الوصول

لأعلى مستويات الجودة، وإذا لم تقدّم هذه المؤسسة أو الشركة أعلى مستويات الجودة فإنه ببساطة ستقدّمها مؤسسات أخرى منافسة، إن من الأهداف الرئيسية للهندسة الصناعيّة تنفيذ ما تريده الإدارة بأقل كُلفة وأعلى جودة.

نبذة تاريخية عن الهندسة الصناعية:

يعتبر فريدريك وينسلو تايلور الأب الروحي للهندسة الصناعية، ورغم ذلك فهناك من سبقه في تأسيس جذور هذا العلم أمثال آدم سميث في كتابه ثروة الأمم الذي نشر عام 1776 م، وتوماس مالثوس أيضاً في بحثه المسمى مقالة عن السكان والذي أصدر عام 1798 م وبحث ديفيد ريكاردو أيضاً المسمى مبادئ الاقتصاد السياسي وفرض الضرائب والذي تم أصدر عام 1817 م وبحث جون ستيوارت ميل المسمى أساسيات السياسة الاقتصادية والذي أصدر عام 1848 م، كما كان لتشارلز بابيج الجهد الأكبر في إرساء دعائم هذا العلم والذي أخرجه في كتابه اقتصاد الآلية والمصنعين عام 1832 م، وكل هذه الأعمال كان لها الأثر الكبير في نجاح الثورة الصناعية، ويمكننا أن نلاحظ أن مجال الهندسة الصناعية كان يسمى بعلم الاقتصاد في إنكلترا قبل أن يدخل التصنيع أمريكا.

وفي أواخر القرن التاسع عشر، تم عمل العديد من الأبحاث والدراسات التي أرست قواعد الهندسة الصناعية، وعموماً لا يمكن ذكر تاريخ الهندسة الصناعية دون ذكر فريدريك وينسلو تايلور فهو الذي صاغ تعبير الإدارة العلمية لوصف الطرق التي استحدثها خلال دراساته التجريبية، وكانت أعماله مثل غيره تغطي مواضيع مثل تنظيم العمل من خلال الإدارة واختيار العامل والتدريب وغيرها.

عائلة جلبريث كانت مفوّضة بتطوير دراسات الوقت والحركة، ولقد عمل كلّ من فرانك جلبريث وزوجته الدكتورة ليليان على فهم: التعب- تطوير المهارة- دراسات الحركة- وأيضاً دراسات الوقت، لقد كانت أسرة جلبريث مهتمّة بـ "الطريقة الوحيدة الأفضل لأداء العمل"، وواحدة من أهم الأشياء التي عملتها أسرة جلبريث هي "تصنيف حركات الإنسان الرئيسيّة إلى 17 حركة" بعضها فعّال

والآخر غير فعّال، وأوضح جلبريث أن الوقت اللازم لإتمام فعّالة يمكن تقليله لكن من الصعب جداً أن يتم إزالته، ومن الناحية الأخرى يجب إزالة الغير فعّالة بالكامل إذا أمكن، خلال الستينيّات من القرن الماضي وبعدها أيضاً، بدأت الجامعات في تبنّي تقنية "بحوث العمليات" وقامت بإضافتها إلى مناهج الهندسة الصناعية، ومن خلال الكمبيوتر أو Digital Computer والقدرات الضخمة للتخزين، أصبح المهندس الصناعي يمتلك أداة جديدة للحسابات الضخمة بطريقة سريعة، ومن خلال قدرات التخزين الضخمة للكمبيوتر أصبح من الممكن تسجيل النتائج السابقة ومقارنتها بالمعلومات الجديدة، وهذه المعلومات يستطيع من خلالها المهندس الصناعي دراسة نظم الإنتاج وتفاعلها مع التغيير بطريقة قوية وجيدة.

مستقبل الهندسة الصناعية:

من الواضح أن مستقبل الهندسة الصناعية هو انتشار مفهومها بين الدول التي لم تستطع حتى الآن أن تفهم الأهداف الحقيقية من الهندسة الصناعية لذلك من المنتظر في الأعوام القادمة أن يتزايد الاهتمام بالهندسة الصناعية ودورها في التطوير.

التخصص العلمي:

يمكن تقسيم علوم الهندسة الصناعية في معظم الجامعات والمعاهد التي تدرس هذا العلم إلى الأقسام التالية (وإن كان البعض لا يعتمد ذلك رسمياً):

- **العلوم الأساسية التأهيلية:**

هي العلوم التي تؤهل الطالب لفهم ما يأتي من علوم التصميم والإنتاج والإدارة وقد يتم تقسيمها في بعض المؤسسات العلمية إلى فروع علمية أصغر أو تجزئتها إلى مستويات، وغالباً ما تشترك هذه العلوم مع أقسام الهندسة الأخرى وخاصة الميكانيكية منها، كهندسة القوى الميكانيكية وهندسة الميكاترونيات وهندسة التصميم الصناعي وهندسة السيارات وهندسة الطيران وهندسة الغزل والنسيج ولاسيما الهندسة الكهربية وبعض أقسام الهندسة المدنية، ومن هذه العلوم:

التاريخ الهندسي- الرياضيات- الفيزياء- الكيمياء- الحاسبات والبرمجة- الرسم الهندسي- الهندسة الميكانيكية- الهندسة الكهربية- الهندسة الوصفية- وبعض اللغات مثل: اللغة الإنكليزية واللغة الألمانية واللغة اليابانية.

❖ **علوم التصميم الميكانيكي:**

هي العلوم التي تختص ببحث جميع الأسس والمعايير والمنطلقات التي تعتمد عليها عملية التصميم الميكانيكي، والتي تؤهل المهندس المختص بتحديد الأجزاء المراد تصنيعها والمواد الخام المستخدمة وأبعاد هذه الأجزاء وأحجامها وكتلها وجميع خواصها الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية التي تؤهل الجزء لتحمل ظروف العمل في المنظومة وتحمل الأحمال التي ستؤثر عليه سواء كانت أحمالاً ميكانيكية ساكنة (ستاتيكية) أو متغيرة (ديناميكية) أو أحمالاً حرارية أو أحمالاً كهرومغناطيسية أو أحمالاً كيميائية، بالإضافة إلى تحديد عمره الافتراضي ومعدلات الأمان الخاصة به، ومن هذه العلوم (كما تسميها بعض الهيئات والمؤسسات التعليمية):- أساسيات التصميم الميكانيكي- المواد الهندسية وبنيتها الداخلية- خواص المواد واختبارها- رسم وإنشاء الماكينات- أجزاء وعناصر المعدات الميكانيكية- تصميم آلات الورش- تصميم معدات المناولة- الميكانيكا التطبيقية- نظرية المرونة واللدونة- ميكانيكا الكسر- تحليل الإجهادات الميكانيكية- نظرية الماكينات- ديناميكا واهتزاز الماكينات- الديناميكا الحرارية- ميكانيكا الموائع.

❖ **علوم الإنتاج والتصنيع:**

- تكنولوجيا الإنتاج والتصنيع- أساليب التشغيل- أساليب التشكيل- نظرية التشغيل- نظرية التشكيل- معدات التشغيل- معدات التشكيل- تكنولوجيا التشغيل- تكنولوجيا التشكيل- أنظمة التحكم الآلي- التحكم الرقمي باستخدام الحاسب الآلي CNC- التصنيع باستخدام الحاسب- الروبوتيات الصناعية- الذكاء الاصطناعي.

❖ علوم الإدارة والتنظيم والجودة:

- اقتصاد هندسي- تخطيط وإدارة المشروعات- تخطيط وإدارة المصانع- إحصاء صناعي- القياسات الميكانيكية والمعايرة- الفحص اللا إتلافي- إدارة الجودة- نظم الجودة الشاملة.

❖ علوم أخرى:

- معالجة المخلفات الصناعية وإعادة التدوير الصناعي- السلامة والأمان الصناعي- صيانة الماكينات- بحوث العمليات- كتابة التقارير الهندسية.

- مجالات العمل:

في ضوء التطور السريع والكبير في العلوم التقنية الذي يشهده العالم وتعقيد وتداخل نظم الإنتاج والخدمات فإن دور المهندس الصناعي أو مهندس النظم كما يطلق عليه في بعض الأحيان أصبح أكثر وضوحاً وأهمية، ويمكن إيجاز دور المهندس الصناعي فيما يلي:

1- تصميم وتطوير النظم الصناعية في الإنتاج والخدمات لتعطي كفاءة عالية وللحد من حجم العمالة المطلوبة.
2- دراسة وتطوير أداء الروبوت (robot).
3- تصميم نظم الصيانة.
4- إجراء الدراسات الاقتصادية الهندسية لتقويم البدائل.
5- دراسة التأثيرات البيئية على إنتاجية العامل.

- الناس:

هذا الموضوع يجعل الهندسة الصناعية منفردة نوعاً ما عن باقي اختصاصات أو مجالات الهندسة، يجتاز المهندس الصناعي بعض الدروس في علم النفس وعلم الاجتماع حتى يساعدهم على فهم مواضيع مثل إدارة البشر وأيضاً تساعدهم مثل هذه الدراسات على فهم كيفيّة التعامل مع هذه المسائل، ومن مساحات الاهتمام

الآخر للمهندسين الصناعيين هو تحديد كم عدد العمّال أو الناس المطلوبين؟ وهل هذا العمل أو هذه الوظيفة مناسبة لعامل من البشر؟ وهل العملية آمنة؟ ما هي درجة الدفع التي يجب أن تُمنح لهذا العمل؟ هل يتطلّب العمل مزيداً من التدريب للعاملين ؟ وهل هناك تواصل جيّد بين الإدارة والعاملين؟

- دراسة الحركة:

كل عمل أو عملية يمكن تقسيمها إلى عناصر عمل أساسية، وقد وجدت عائلة جلبريث أن الوقت المطلوب لإتمام كل حركة لا يتغيّر، إن القواعد التي تستخدم في دراسة الحركة تحاول مساعدة الشخص أو العامل لحركة متوازنة ومتزامنة، مثال: لا يجب استعمال دوّاسة القدم إلا عندما يجلس العامل، كذلك يجب أن تكون بيئة العمل أو العمّال مناسبة وجيدة حتى تصلح لكفاءة العمل، مثلاً يجب أن تكون الأدوات مثبّتة لإزالة الضغط، مثال آخر: يجب أن تكون أسطح وكراسي العمل قابلة للتغيير أو التغيير إلى ارتفاع الشغلة، وللإبقاء على الشركة كمنافس لابد من مواصلة زيادة سعة الإنتاج وأيضاً تقليل التكلفة، إن الهندسة الصناعية تأتي بالجديد من التحسينات والتطوير كل عام.

- دراسة الوقت:

بدون وجود معيار محدّد سوف تجد الشركات صعوبة في تحديد المصطلح المعروف بـ Lead-time على منتجاتها، إن الهندسة الصناعية توفر معيار أو ميزان عادل مُحتمل لكل عملية، وعن طريق التقديرات فإن 12٪ من تكلفة الشركة الكليّة يأتي من العمالة المباشرة وهناك 43٪ من التكلفة تأتي من سعر أو تكلفة المادّة ويذهب الـ 45٪ الباقون في الـ overhead، إن المقاييس سيتم وضعها لكل جزء أو شيء في الشركة ليس فقط العمليات التي تقوم بها العمالة المباشرة، سوف تكون الهندسة الصناعيّة مشاركة أيضاً في تحليل ووضع المقاييس لشُغل المكاتب أيضاً، وقت جيّد للدراسة سيتم أخذه لوضع في الحسابات التأخيرات التي لا يمكن تجنّبها والتعب وغيره، إن الوقت الضائع أو المبدّد كمثال: في البحث عن الأدوات لن

يوضع في المعايير النهائيّة، التوقّع سيكون على أساس أن مكان العمل سيكون مصمّماً ليكون ملائماً للعمل وسيكون خالي من أي مظاهر للتبديد، وبوضع معايير فعّالة، تتمكن الشركة من تحديد ما إذا كانت عدد القوّة العاملة مناسبة للعام القادم، وقبل تأسيس المعايير يجب أن تكون الشركة ملمّة بالسعة الحالية والاحتياجات إلى مساعدة إضافيّة.

- مصطلح الهندسة الإنسانية Ergonomics

إن فكرة الإنتاج الضخم هي تشريح أو تقسيم عملية واحدة معقّدة إلى مهمّة سهلة وقابلة للتكرار والتي يمكن أن تتم على درجة عالية من الدقّة، لو أن محطة العمل والمهمّة والبيئة لم يتم تصميمهم بدقّة فإنّ العامل سيكون مُعرّض للخطر في صحّته وأمنه، إن الشركات أحياناً تختار أن تتجاهل الانتهاكات بسبب التكلُفة، وبالتالي قد تجد الشركة نفسها تدفع ثلاثة أضعاف التكلفة الأصلية، إن الهندسة الصناعية يجب أن تكون مدركة لهذه الأمور ويجب عليها أن تعمل مع الإدارة لتصميمهم بأسرع طريقة ممكنة.

- التعويضات:

من وجهة نظر الشركة أنها تريد أن تقلّل من كمية المال المُعطاة للموظفين، إن هذا الهدف غالباً يكون ضد الهدف الآخر للإدارة ألا وهو الإنتاجية، إن إنتاجية الموظف مرتبطة مباشرةً بالعائد النقدي له، هناك بعض الخطط التي طُوّرت حتى تستطيع التوازن بين الإنتاجية والتكلفة، وفي هذا، فإن الهندسة الصناعية سوف تساعد الشركة لتحليل موقفهم الحالي وغالباً ستكون مسؤولة عن اقتراح خطّة ملائمة أو مناسبة.

- التدريب:

إن العمّال يلزم أن يكونوا مُدرّبين تدريباً مناسباً، إن المقاييس توضع باستخدام أناس معتادين على العمل وأيضاً الناس الذين برعوا في المهارات المطلوبة

لأداء العمل، في سوق به منافسة يصبح الموظفين أعلى في القيمة ولكن إذا لم يتماشى تدريبهم معه فإن أهم وأثمن قيمة للشركة تقل وهي العمّال والموظفين، إن هناك عمليات وطرق جديدة تم تطويرها، إنها مسؤولية الهندسة الصناعية للمساعدة على التأكد من أن درجة جيدة وملائمة من التدريب تم تنفيذها(1).

هندسة طبية حيوية : Biomedical Engineering

هندسة طبية حيوية Biomedical Engineering وتعرف باسم هندسة التقنيات الطبية، وهو العلم الذي يختص بدراسة جسم الإنسان من الناحية الهندسية ويمكن تقسيمه إلى خمسة أقسام أساسية موضحة أدناه وهو حلقة وصل بين علم الطب وعلوم الهندسة (فمهندس الطب الحيوي ينبغي أن يعرف جسم الكائن الحي لكي يصمم ما يتوافق معه من طرف صناعي أو عضو أو جهاز طبي).

تعتبر الهندسة الطبية الحيوية من أحدث العلوم الهندسية التي نشأت مع تطور الطب الحديث، فبعد أن كان الطبيب وحده يقوم بكل مهام التشخيص والعلاج وحتى تصنيع الدواء، أصبح الجهاز الطبي رديفاً أساسياً للطبيب في التشخيص والمعالجة ومراقبة المرضى، ونظراً لوجود حاجة ماسة لتطوير الأجهزة والمعدات الطبية بما يخدم صحة المرضى وسرعة استشفائهم، فكان لابد من تدخل المختصين من مجالات أخرى غير الطب لتصميم هذه الأجهزة مثل المهندسين الكهربائيين والميكانيكيين ومهندسي الكمبيوتر وغيرها، كما كان على هؤلاء المهندسين الإلمام أيضاً بالعلوم الطبية من تشريح وفيزيولوجيا الجسم البشري وغير ذلك لفهم آلية عمل كل نظام فيه وتسخير معرفتهم واختصاصهم بما يطور هذه الأجهزة، وبالتالي ظهرت الحاجة إلى وجود مهندس يلم جزئياً بكل هذه الاختصاصات من جهة ويستطيع أن يتعامل مع الأطباء من جهة أخرى مع الانتباه على أنه ليس بديلاً عن أي منهم.

---

(1) ويكيبيديا، (بتصرف).

تقسم الأجهزة الطبية إلى قسمين:

أ- أجهزة طبية تشخيصية مثل جهاز الأمواج فوق صوتية (Ultrasound).

ب- أجهزة طبية علاجية مثل أجهزة العلاج الكيميائي والعلاج بالأمواج.

من الشائع الظن أن الهندسة الطبية تقتصر على الأجهزة الطبية وصيانتها ولكن هناك مجالات أخرى للهندسة الطبية مثل إدارة المشافي، أطراف اصطناعية، أعضاء اصطناعية وغيرها.

الهندسة الطبية تسخر الفيزياء والكيمياء والرياضيات وأساسيات الهندسة لدراسة الأحياء أي الجسم البشري في الأغلب للوصول إلى مراحل متقدمة في دراسة هذا الجسم ودراسة الأمراض التي يواجهها للعمل على توفير سبل أفضل لصحة جيدة والمساعدة على معالجة هذه الأمراض.

تسميات أخرى:

يعتبر اسم الهندسة الطبية الحيوية Biomedical engineering الاسم الأكثر شيوعاً هذا وهناك اسمين آخرين الأول هو الهندسة الطبية Medical engineering والثاني هو الهندسة الحيوية وهو Bio engineering، وعلى سبيل المثال يعتبر تصنيع صمام مطاطي للقلب للتحكم بضخ الدم عملاً مشتركاً بين مهندس الميكانيكا الحيوية الذي يعرف ميكانيكية عمل القلب ومهندس المواد الطبية الذي يستطيع اختيار أفضل المواد المتناسبة مع جسم الإنسان، فقلب الإنسان يقوم بعمل ميكانيكي لا إرادي بواسطة تحفيز نبضة كهربية تقارب ستة فولتات فيقوم البطين الأيمن بضخ الدم إلى الأذين الأيمن بحركة لا إرادية لا يتحكم فيها الإنسان وإذا ما حدث خلل في صمام الارتجاع يجب تركيب الصمام المطاطي المذكور ليعمل على تعويض الخلل في الصمام الأصلي لضمان عدم حدوث قصور في الدورة الدموية.

الأجهزة الطبية:

هي أجهزه كهربائية، ميكانيكية... تساعد الأطباء على القيام بعملهم على أكمل وجه وتساعد المرضى على الشفاء بشكل أفضل وتوفر الراحة التامة

وتساعد بشكل كبير جداً على تشخيص الأمراض خصوصاً الأورام الموجودة في داخل الجسم والتي لا يمكن التكهن بوجودها بدون هذه الأجهزة.

أمثله على الأجهزة الطبية:

1- الأجهزة التشخيصية: جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي، جهاز التصوير الطبقي المحوري، جهاز التصوير بأشعة اكس، جهاز الغاما كاميرا، جهاز التصوير بالأمواج فوق الصوتية، جهاز المامو غراف(تصوير الثدي بأشعة أكس)، جهاز اقتباس إشارات القلب والدماغ والعضلات والعين وغيرها.

2- الأجهزة العلاجية: منظم ضربات القلب، مزيل الرجفان (جهاز الصدمة الكهربائية)، المناظير الطبية، جهاز غسيل الكلى (الكلية الصناعية)، القلب الاصطناعي، جهاز المعالجة بالكوبالت، الأوعية الاصطناعية،... وغيرها الكثير.

ما هي الهندسة الطبية ؟

الهندسة الطبية هي علم يجمع بين علوم الهندسة (الميكانيكية والكهربائية والإلكترونية والحاسوبية) وبين العلوم الطبية الحيوية والفيزيولوجية، حيث تطبق النظريات والتقنيات الهندسية المتقدمة للتعامل وتحليل وحل المشكلات الطبية الحيوية، وذلك من خلال تصميم أدوات وأجهزة مناسبة لقياس المنظومات الفيزيولوجية والحيوية وفهمها وتطوير أجهزة قادرة على معالجة الأمراض والتعامل معها ،مما يتطلب دراسة طريقة عمل هذه الأجهزة وصيانتها ونمذجتها، الهندسة الطبية تتيح بشكل كبير الاختراع والإبداع والتطوير والاختراع، وذلك لتنوع المجالات الطبية ولضخامة المنظومات الفيزيولوجية (الجسم البشري) التي يتعامل معها هذا المجال من الهندسة، علماً أن أكثر التقنيات رقياً وتقدماً وأغلاها ثمناً تستخدم في مجالين، أحدهما الهندسة الطبية.

يعمل المهندس الطبي في المشافي والعيادات لتجهيزها بالمعدات والأجهزة (بعد تحديد الخصائص المطلوبة) وصيانتها، وأيضاً بالشركات الطبية المتخصصة

بصناعة الأجهزة الطبية ،أو تلك المتخصصة بصيانة الأجهزة الطبية وبيعها أو مراكز البحث كالجامعات (التي تبحث في تطوير الأجهزة الطبية وتحليل وفهم وحل المشكلات البيولوجية بشكل أكبر)، عمل المهندس الطبي متعلق بتخصصه ومجال عمله، وذلك بالتعاون مع أطباء وممرضين ومهندسين من جميع الاختصاصات.

الحاجة المستقبلية للمهندس الطبي:

إن التطور المتسارع للتكنولوجيا، وزيادة الأمراض، ووجود كثير من المشاكل الطبية والتقنية التي تحتاج إلى حلول، يؤدي إلى تزايد الطلب على المهندسين الطبيين لأجل التعامل مع المشاكل البيولوجية المتزايدة التعقيد وتطوير عمل الأجهزة السابقة للحصول على نتائج أفضل، وابتكار أجهزة جديدة تساعد الطبيب على أداء مهمته بشكل أفضل وأسرع فالحاجة للمهندس الطبي تتزايد في كل يوم.

فروع الهندسة الطبية:

1- الهندسة الكهربائية الطبية Bioelectrical Engineeing: وتتقسم إلى قسمين:

أولاً: علم الإشارات الكهربائية الحيوية Bioelectromagnetism.

ثانياً: علم التأثيرات الكهربائية الحيوية Bioelectromagnetics.

2- الهندسة الميكانيكية الحيوية Biomechanical Engineering، وتتقسم إلى قسمين:

أولاً: علم ميكانيكا حيوية Biomechanics، وهذا العلم يدرس حركة وطبيعة انتقال المواد الحيوية داخل جسم الإنسان.

ثانياً: علم ميكانيكا الحركة الحيوية Biotransport ويختص هذا العلم في معالجة اختلالات الحركة عند الإنسان.

3- هندسة المواد الحيوية Biomaterials.

4- هندسة النسج والجزيئات والخلايا Tissue، Molecular & Cellular Engineering.

5- هندسة محاكاة الأنظمة الحيوية Systems & Integrative Engineering[1].

(1) المصدر السابق.

هندسة عقدية : Nodal architecture

الهندسة العقدية هي تطبيق الأعداد العقدية على الهندسة المستوية. بدلاً من تمثيل نقطة في مستو بزوج من الإحداثيات الديكارتية، يمكن تمثيلها بعدد مركب complex number وحيد، يمكن كتابته بالشكل المستطيل أو القطبي[1].

هندسة عكسية : Reverse Engineering

الهندسة العكسية Reverse Engineering هي آلية تعنى باكتشاف المبادئ التقنية لآلة أو نظام من خلال تحليل بنيته، ووظيفته وطريقة عمله، غالباً ما تتم هذه العملية بتحليل نظام ما (آلة ميكانيكية، برنامج حاسوبي، قطعة إلكترونية) إلى أجزاء أو محاولة إعادة تصنيع نظام مشابه له يقوم بنفس الوظيفة التي يقوم بها النظام الأصلي.

دوافع:

هناك العديد من الأسباب التي قد تدفع لإجراء هندسة عكسية على نظام ما:

- العمل البيني.
- فقدان الوثائق المتعلقة بطريقة تصنيع نظام ما.
- تحليل المنتجات، لأخذ فكرة عن طريقة عملها، خاصة في حالة الأجهزة والأنظمة التاريخية.
- التجسس العسكري أو التجاري، وذلك بمعرفة خطط وأسرار العدو أو الشركة المنافسة.
- خرق حماية النسخ.
- إنشاء نسخ بدون ترخيص أو بدون موافقة صاحب الأصل.
- التعليم الأكاديمي.

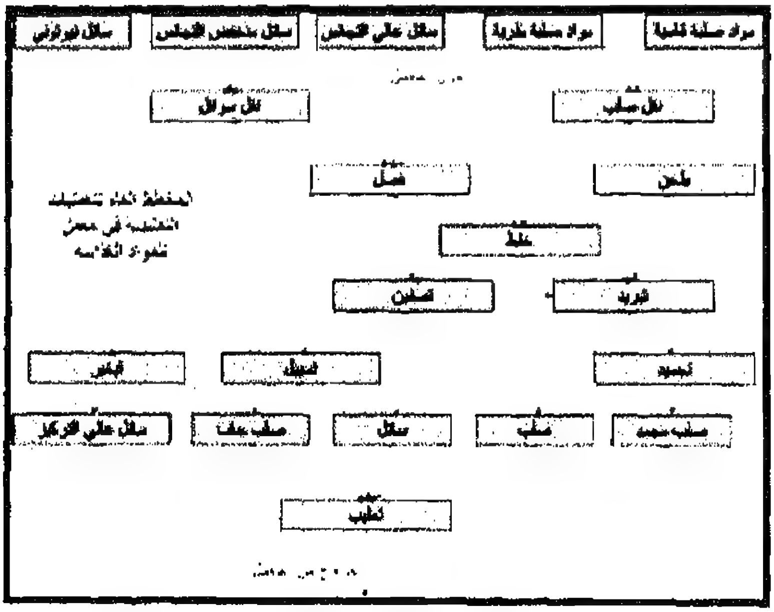
(1) المصدر السابق.

- بدافع الفضول لمعرفة طريقة عمل الأشياء.
- التعلم من أخطاء الآخرين، وذلك بتصنيع نظام أفضل من النظام الأول بعد فهم طريقة عمله.

الهندسة العكسية في البرمجيات:

هي فرع من فروع هندسة البرمجيات، وتتمثل في مجموع التقنيات والأدوات المستعملة للانطلاق من برنامج قيد العمل والوصول إلى نموذج أو مخطط يسمح بفهم التركيب التكويني للبرنامج والتصرف وطريقة العمل، الهدف الأساسي يرمي إلى فهم البرنامج من الجانب التكويني وكيفية تصرف البرنامج وذلك ما يسهل على المبرمجين عملية تطوير وصيانة البرامج القديمة وأيضاً إعادة استعمال بعض الأجزاء في برامج جديدة، تحتاج إلى خبرة في التعامل مع الذاكرة والمسجلات ووحدة المعالجة المركزية[1].

هندسة غذائية : Food Engineering



المخطط العام للعمليات الغذائية في معمل للمواد الغذائية

(1) المصدر السابق، (بتصرف).

تعتمد الصناعة الغذائية على طيف واسع من العمليات لتصنيع هذا الكم الهائل الذي نراه اليوم من أنواع الأغذية، تستخدم الهندسة الغذائية مبادئ الكيمياء، علم الأحياء الدقيقة والهندسة في تصميم عمليات التصنيع الغذائية، يتدخل العديد من عمليات الهندسة الغذائية في طريقة ترتيب المواد، وتقليل الحجم لتخفيض كلفة النقل، طرق نقل السوائل عن طريق الأنابيب، نقل الحرارة باستخدام المبادلات الحرارية، عمليات الفصل باستخدام الأغشية والفلاتر، النقل الفيزيائي والحراري المتزامن خاصة في عمليات التجفيف، وعمليات قد تتطلب تحول في الطور مثل عمليات التجميد أو الصهر، غالباً ما يستخدم المهندس الغذائي المبادئ الموجودة في العديد من الهندسات الأخرى كالهندسة الكيميائية، الهندسة المدنية، الهندسة الكهربائية بالإضافة إلى علوم الأغذية لتصميم أنظمة هندسة غذائية تتعامل مع الأغذية كمنتجات لها[1].

متطلبات الهندسة الغذائية:

عند التعامل مع الأغذية كمواد أولية ومنتجات نهائية تظهر تحديات ومتطلبات جديدة قد لا تتوافر في أنواع الهندسة الأخرى، أحد أهم هذه التحديات هو التنوع الكبير في المواد الأولية التي تتعامل معها الهندسة الغذائية، حيث من أجل الحصول على جودة عالية بإنتاج منتجات متناسقة فإنه يجب تصميم العمليات الصناعية بحرص شديد لتقليل التغيرات التي تطرأ على المواد أثناء التصنيع.

نظم نقل السوائل:

تعتبر عملية نقل السوائل من أكثر العمليات في معامل تصنيع الأغذية، يجب معرفة خواص السائل المطلوب نقله قبل تصميم نظام نقل السوائل، حيث توجد علاقة خطية بين إجهاد القص ونسبة القص للموائع النيوتونية كالماء، عصير البرتقال، الحليب والعسل، يتم تحديد لزوجة الموائع النيوتونية من انحدار الخط

(1) Sing, R. P. 1993. A Computerized Database of Food properties. CRC Press, Boca Ration, FL.

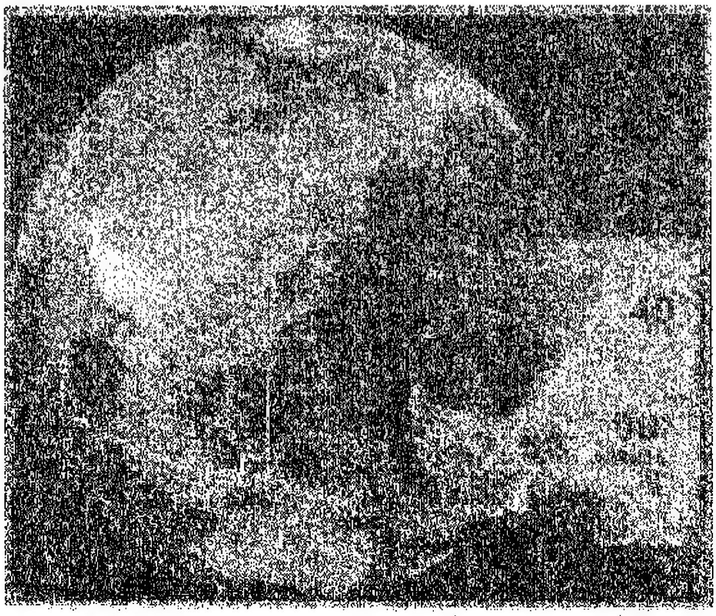
المستقيم، اللزوجة هي خاصية هامة وضرورية في الكثير من حسابات التدفق للسوائل.

أما بالنسبة للسوائل اللانيوتونية تكون العلاقة بين إجهاد القص ونسبة القص هي علاقة غير خطية.

نقل الحرارة:

تستخدم عمليات نقل الحرارة بشكل واسع في صناعة الأغذية في عمليات التسخين والتبريد، يكون لأنماط نقل الحرارة الثلاثة: التوصيل، والحمل والإشعاع دور هام في عملية تصنيع الأغذية، لكن يجب معرفة خواص المواد الفيزيائية والحرارية بشكل دقيق قبل تصميم عملية النقل الحراري، تتأثر خواص معظم المواد الغذائية ذات محتوى الرطوبة العالي بكمية المياه التي تحتويها، والعديد من النماذج لحساب الخواص الحرارية تعتمد على كمية المياه المتوافرة في المادة الغذائية[1].

هندسة كروية : Spherical geometry



على سطح الكرة لا يساوي مجموع زوايا أي مثلث 180 درجة.

(1) R. Paul Singh, Food Engineering. The Enginnering Handbook. Ed. Richard C. Dor, Boca Raton: CRC Press LLC. 2000

الهندسة الكروية هو فرع الهندسة الرياضية الذي يدرس السطح الثنائي البعد للكرة، يعتبر فرعاً من الهندسة اللاإقليدية، هناك تطبيقان عمليان للهندسة الكروية في الملاحة وعلم الفلك، في الهندسة المستوية، النقاط والمستقيمات هي المبادئ الأساسية، على سطح الكرة، تعرف النقاط كالعادة، أما ما يقابل المستقيم على سطح الكرة فهو ما يدعى بأقصر مسافة بين نقطتين، والذي يطلق عليه اسم جيوديسي geodesic، على سطح الكرة يكون مجموع الزوايا الداخلية لأي مثلث دائماً أكبر من 180 درجة، إن الهندسة الكروية هي أبسط أشكال الهندسة الإهليليجية، والتي فيها لا يمكن لأي مستقيم أن يكون له من مواز من أي نقطة لا تقع عليه[1].

هندسة كهربائية : Electrical engineering

هندسة الكهرباء Electrical engineering أحياناً تسمى هندسة الكهرباء والإلكترونيات هي تخصص هندسي يهتم بدراسة وتطبيقات علوم الكهرباء والإلكترونيات والمجالات الكهرومغناطيسية، أصبح هذا المجال معروفاً في أواخر القرن التاسع عشر وذلك بعد انتشار التلغراف ومحطات إمداد الطاقة، والآن يغطي هذا المجال عدد من المواضيع الفرعية والتي تتضمن الطاقة والإلكترونيات ونظم التحكم الآلي ومعالجة الإشارات والاتصالات اللاسلكية.

ومن الممكن أن نقول أن الهندسة الكهربائية قد تتضمن أيضاً هندسة الإلكترونيات أو لا تتضمنها، ويمكن التفريق بينهما حيث تهتم هندسة الكهرباء بالأمور المتعلقة بنظم الكهرباء عالية الجهد مثل نقل الطاقة والتحكم في المحركات، بينما تتعامل هندسة الإلكترونيات مع دراسة النظم الإلكترونية ذات المقاييس المنخفضة (تيار منخفض– جهد منخفض) ويتضمن ذلك علوم الحاسبات والدوائر المتكاملة.

(1) ويكيبيديا، الموسوعة الحرة، (بتصرف).

وتتناول الهندسة الكهربائية دراسة وتصميم العديد من النظم الكهربائية والإلكترونية المختلفة، مثل الدوائر الكهربائية والمولدات، المحركات، المحولات، المواد المغناطيسية وغيرها من الأجهزة الكهرومغناطيسية والكهروميكانيكية.

تاريخ وأعلام الهندسة الكهربائية:

ظهر الاهتمام العلمي بالكهرباء منذ بدايات القرن السابع عشر على الأقل، فيعتقد أن أول مهندس كهرباء هو وليام جلبرت الذي صمم آلة لاكتشاف الأجسام ذات الشحنات الكهربية الساكنة، ويعتبر هو من فرّق بين المغناطيسية والكهربية الساكنة، كما يعتقد بأنه أول من أنشأ مصطلح الكهرباء، وفي بادئ الأمر كانت كل الاكتشافات والاختراعات تتعلق بالشحنة، وبدأ فصل الهندسة الكهربائية عن الفيزياء في زمن توماس اديسون وفيرنر فون سيمنس، وفي عام 1752 اخترع بينيامين فرانكلين موصلة الصواعق ونشر بين 1751 و1753 نتائج تجاربه تحت عنوان "تجارب ومشاهدات عن الكهرباء" Experiments and Observations on Electricity، في العام 1800 قام الكساندر فولتا ببناء بطاريته الأولى المسماة "عمود فولتا" بعد إعجابه بتجربة أجراها لويجي جالفاني عام 1792، في العام 1820 قام هانز كريستيان اورستد بعمل تجارب عن انحناء إبرة البوصلة بتأثير التيار الكهربي، وفي نفس العام كرر اندريه ماري أمبير تلك التجربة واثبت أن سلكين يمر فيهما التيار يؤثران بقوى على بعضهما البعض وعرف خلالها الجهد الكهربي والتيار الكهربي.

مايكل فاراداي قدم أعمال كبيرة في مجال الفيضين الكهربي والمغناطيسي، وعرف أيضاً خطوط المجال، وبناء على أعمال فاراداي قدم جيمس كليرك ماكسويل أعمالاً في إكمال نظرية الكهرومغناطيسية والكهروديناميكية- وقدم عام 1864 معادلات ماكسويل والتي تعتبر أحد أهم أسس الهندسة الكهربية.

فيليب رايس اخترع عام 1860 الهاتف في معهد جارنيير في فريدريكسدورف إلا أن اختراعه لم ينل القدر الكافي من الاهتمام، إلى أن "اخترع" الكساندر جراهام بيل عام 1867 أول هاتف قابل للتسويق ونجح بالفعل في تسويقه.

في إطار هندسة التيار العالي يعتبر فيرنر فون سيمنس أحد أهم الأعلام حيث اكتشف عام 1866 مبدأ الدينامو وبنى به أول مولد كهربي وبذلك أصبحت الكهرباء وللمرة الأولى متاحة للاستخدام وبكميات كبيرة، وفي العام 1876 اخترع توماس إديسون مصباح خيط الكربون مما أعطى الكهرباء دفعة كبيرة إلى داخل المجتمع المدني، في نفس الوقت عمل نيكولا تسلا وميكايل فون دوليفو-دوبروولسكي على تطوير التيار المتردد والذي يعتبر أساس الطاقة إلى يومنا هذا.

في العام 1883 أسس ايراسموس كيتلر تخصص الهندسة الكهربائية في جامعة دارمشتات التقنية في ألمانيا (TU-Darmstadt) لتصبح أول مرة تدرس فيها في العالم، واستمرت الدراسة لمدة أربع سنوات ليتخرج الطالب بلقب مهندس كهربائي.

استطاع هاينريش رودولف هيرتز في العام 1884 إثبات معادلات ماكسويل عملياً، واثبت وجود الموجات الكهرومغناطيسية ليصبح بذلك مؤسس علم النقل اللاسلكي للإشارات ومؤسس هندسة الاتصالات.

في العام 1896 شغل غوغليلمو ماركوني أول محطة إرسال لاسلكية على مسافة 3 كم، وبناء على أعماله أصبحت في العام 1900 أولى محطات الإرسال والاستقبال الراديوي متوفرة تجارياً، عام 1905 اخترع جون فليمينغ أول صمام ثنائي، ليتبعه عام 1906 روبرت فون ليبن ولي دو فوريس بالصمام الثلاثي، والتي أعطت مهندسي الاتصالات زخماً جديداً كعنصر لتقوية الإشارة.

ثم اخترع جون لوجي بيرد عام 1926 أول جهاز تلفاز ميكانيكي بسيط، وعام 1928 التلفاز الملون، وفي نفس العام تمت أول عملية بث للتلفاز عبر المحيط من لندن إلى نيويورك، وفي العام 1931 قدم مانفريد فون اردينه أول تلفاز كهربائي على أساس اسطوانة أشعة الكاثود.

عام 1942 قدم الألماني كونراد تسوزه أول حاسوب كامل الوظائف تحت مسمى Z3، ليلحقه في العام 1946 جون ايكرت وجون ماوكلي بجهازهما ENIAC اختصاراً لـ" الحاسوب والمكامل العددي الإلكتروني" Electronic Numerical Integrator and Computer ليعلن رسمياً عن زمن الحاسوب، الأمر الذي قدم خدمات كبيرة للمؤسسات العلمية مثل ناسا التي اعتمدت الحواسيب لدعم برنامجها أبولو.

اختراع الترانزيستور على أيدي وليام شوكلي، جون باردين ووالتر براتاين عام 1947 في معامل بيل فتح أمام الجميع آفاقاً جديدة في تقنية أشباه الموصلات والدوائر المتكاملة وسمح للمصنعين بتصغير حجم الأجهزة بشكل دراماتيكي.

في العام 1958 اخترع جي سي ديفول وجاي انغلبرجر أول روبوت صناعي ليستخدم عام 1960 لأول مرة في مصانع جينرال موتورز.

وفي معامل شركة انتل اخترع مارشيان هوف في العام 1968 أول مايكروبروسيسور بطلب من شركة يابانية لتصميم جهاز حاسب صغير الحجم ليتم في العام 1969 تصنيع أول مايكروبروسيسور (intel 4004).

قامت فيليبس عام 1978 بتصنيع أول قرص مدمج CD لتخزين البيانات رقمياً، وبعد تعاون مع شركة سوني نتج عام 1982 القرص المدمج الصوتي Audio-CD لينتج في النهاية نسق الـ CD-ROM في العام 1985.

الأدوات والعمل في هذا العلم:

من نظام تحديد المواقع العالمي لتوليد الطاقة الكهربائية، ساهم مهندسو الكهرباء في تطوير مجموعة واسعة من التكنولوجيات، حيث أنهم يقومون بتصميم وتطوير واختبار والإشراف على النظم الكهربية والأجهزة الإلكترونية، على سبيل المثال، يمكنهم العمل على تصميم أنظمة الاتصالات السلكية واللاسلكية، وتشغيل محطات توليد الطاقة الكهربائية، وتزويد الإضاءة والأسلاك للمباني، وتصميم الأجهزة المنزلية أو التحكم الكهربائي في الآلات الصناعية[1].

(1) Electrical and Electronics Engineers, except Computer. Occupational Outlook Handbook(انظر أرشيف الإنترنت)2011/8/16(وُصل لهذا المسار في

ويعتبر كلا من الفيزياء والكيمياء من العلوم الأساسية الهامة في هذا المجال حيث إنها تساعد على تعلم الوصف الكيفي والكمي لكيفية عمل هذه الأنظمة، وغالباً ما يتم انجاز الأعمال الهندسية عن طريق الكومبيوتر ومن الشائع استخدام برامج تصميم بمساعدة الكومبيوتر عند تصميم الأنظمة الإلكترونية، ومع ذلك، فإن القدرة على رسم الأفكار لا تزال لا تقدر بثمن من أجل التواصل مع الآخرين بسرعة.

على الرغم من أن معظم المهندسين الكهربائيين يمكنهم فهم نظرية الدوائر الأساسية (وهي العلاقة بين عناصر مثل المقاومات والمكثفات، الثنائيات والترانزستورات وأدوات الحث في الدائرة)، إلا أن النظريات التي يستخدمها المهندسون عموماً تعتمد على العمل الذي يقومون به، على سبيل المثال، ميكانيكا الكم وفيزياء الحالة الصلبة قد تكون هامة للمهندسين الذين يعملون على VLSI (تصميم الدوائر المتكاملة) ولكن لا تمت بصلة إلى المهندسين الذين يعملون مع الأنظمة الكهربائية العيانية، وكذلك قد تكون غير مناسبة لشخص يعمل على تصميم نظم الاتصالات السلكية واللاسلكية التي تستخدم مكونات أخرى، ولعل أهم المهارات الفنية لمهندسي الكهرباء والتي يتم التركيز عليها في المناهج الجامعية، المهارات العددية، ومحو الأمية الحاسوبية والقدرة على فهم اللغة والمفاهيم الفنية التي تتصل بالهندسة الكهربائية.

وبالنسبة للكثير من المهندسين فإن العمل الفني يمثل نسبة ضئيلة من العمل الذي يقومون به، حيث أنهم يقضون معظم الوقت في تنفيذ مهام مثل مناقشة المقترحات مع العملاء، وإعداد الميزانية وتحديد الجداول الزمنية للمشروع(1)، يعمل العديد من كبار المهندسين في إدارة فريق متكامل من الفنيين أو المهندسين وغيرهم ولهذا فان اكتساب مهارات إدارة المشروع شيء هام جداً، معظم المشاريع الهندسية تشتمل على شكل من أشكال التوثيق ولهذا فان اكتساب مهارات الاتصال الكتابي هام جداً.

(1) تريفيليان، جيمس (2005)، "ما هو عمل المهندسين؟ جامعة أستراليا الغربية، (حلقة دراسية مع الشرائح).

تخصصات هندسة الكهرباء:

التقسيم الكلاسيكي للهندسة الكهربائية كان هندسة تيار الجهد العالي والتي تعرف اليوم بهندسة الطاقة وهندسة المحركات والقسم الآخر هندسة تيار الجهد المنخفض والتي تطورت لتصبح هندسة الاتصالات، إضافة إلى ذلك فقد أوجدت مجالات هندسية جديدة في إطار هندسة الكهرباء ومنها هندسة القياسات، هندسة التحكم والالكترونيات، ومع الوقت وازدياد التطور فقد أضيف لكل فرع من هذه الفروع العديد من المجالات الجديدة، وفي يومنا هذا أصبح من الصعب الاستغناء عن المعدات الكهربائية في معظم مجالات الحياة، ليس بالضرورة أن تكون الأقسام التالية فروع من الهندسة الكهربائية نظراً للاختلاف بين نظام الجامعات في كل من الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا، ولكن لهذه التخصصات علاقة بشكل أو بآخر بالهندسة الكهربائية(1).

◆ هندسة الطاقة:

تهتم هندسة الطاقة بإنتاج ونقل وتحويل الطاقة الكهربائية وتقنية الضغط العالي، في معظم الأحوال تنتج الطاقة الكهربية عن طريق تحويل طاقة الدوران الميكانيكي عن طريق المولدات إلى طاقة كهربائية، كما تهتم هندسة الطاقة بنطاق استهلاك الطاقة الكهربية.

◆ هندسة المحركات:

تعمل هندسة المحركات على تحويل الطاقة الكهربائية بواسطة آلات كهربائية (محركات كهربائية) إلى طاقة ميكانيكية، وتعتبر هندسة المحركات ذات أهمية عالية لتقنيات الأتمتة حيث أن الكثير من المحركات الميكانيكية يتم تشغيلها كهربائياً، وتلعب الهندسة الالكترونية دوراً مهماً في إطار

(1) ما الفرق بين الهندسة الكهربائية والإلكترونية أسئلة وأجوبة، دراسة الهندسة الكهربائية، استرجع في 4 سبتمبر، 2011.
http://www.iana.org/domains/example/

هندسة المحركات، من ناحية في مجال التحكم بالمحركات، ومن ناحية أخرى في مجال تخفيض الاستهلاك إلكترونياً، والمحركات الكهربائية المعروفة تعمل على استخدام قطبين كهربائين وركيزة مركزية فتبدأ الركيزة بالدوران عند تضاد القطبين مع بعضهما.

❖ **هندسة الاتصالات:**

بمساعدة هندسة الاتصالات يتم نقل المعلومات عن طريق النبضات الكهربية أو الموجات الكهرومغناطيسية من المرسل إلى مستقبل واحد أو عدة مستقبلين، ومن اهتمامات هندسة الاتصالات إيصال المعلومة مع أقل قدر من الخسائر في البيانات، وكذلك أيضاً نظم معالجة الإشارات كالتشفير، فك التشفير والتنقية وتعتبر إحدى الدراسات المتوقع تأثيرها على مستقبل الطاقة في العالم.

❖ **هندسة الإلكترونيات:**

تهتم الهندسة الإلكترونية بتطوير وتصنيع واستخدامات المكونات الالكترونية مثل مكثف، مستحث وعناصر أشباه الموصلات كالصمام الثنائي والترانزيستور.

المايكرو إلكترونيك، أحد فروع الهندسة الإلكترونية التي تهتم بتطوير الدوائر المتكاملة (IC) من المواد أشباه الموصلات، مثال على الدوائر المتكاملة: المعالجات.

لا يعتبر المكثف والملف قطع إلكترونية وإنما قطع كهربائية ومع ذلك فهي جزء هام في تكوين الدوائر الإلكترونية مثل دوائر الرنين المستخدمة في الإرسال والاستقبال، ودوائر الموائمة الإلكترونية والشبكات التحليلية.

❖ **هندسة الحاسوب:**

ما زالت هندسة الحاسوب في بعض الأنظمة الجامعية تعد إحدى شعب الهندسة الكهربائية إلا أنها لم تعد تأخذ المفهوم التقليدي المتعارف في الأربعينيات حين كانت أغلب مكونات الحاسوب موصلات كهربائية ذات أعداد هائلة، أصبح

مفهوم هندسة الحاسوب متشعباً في عدة مجالات منها التصميم والصيانة، البرمجة، الأنظمة والشبكات، لكن مع التطورات الإلكترونية الهائلة أصبح تخصص هندسة الحاسوب يتطور شيئاً فشيئاً مع الاحتفاظ برونقه الكهربائي، لكن باستقلالية معينة لهذا الفرع الهندسي.

❖ **هندسة التحكم الآلي والأتمتة الصناعية:**

تقوم الأتمتة أو ما نطلق عليه (التحكم الآلي) على توظيف تقنيات التحكم والقياس والتقنية الرقمية لتحويل خطوات العمل اليدوية إلى ذاتية التحكم، وتعتبر هندسة التنظيم أحد أهم فروع الأتمتة حيث تستخدم على سبيل المثال في تثبيت عدد دورات المحركات الكهربية، أو في أنظمة الطيار الآلي وأيضاً في أنظمة الثبات في السيارة مثل ESP لمنع الانزلاق، وكذلك التحكم بحرارة الثلاجات المنزلية، ومراقبة العمليات الصناعية، وقد تجعل الأتمتة من خواص نظام القدرة الكهربائية حيث يتم التحكم بجميع عناصر شبكة القدرة من محولات ومولّدات وأجهزة حماية وأنظمة قياس عن بعد وبطريقة آلية.

❖ **الهندسة الكهربائية النظرية:**

تقوم الكهربائية النظرية بإيصال القواعد النظرية والأوصاف والشروحات الفيزيائية المستفادة من علم الكهرباء، وتنقسم إلى عدة أقسام منها نظرية الفيض لنقاش معادلات ماكسويل ونظرية الدوائر لتحليل الدوائر[1].

هندسة كيميائية حيوية : Biochemical Engineering

الهندسة الكيميائية الحيوية هي فرع من الهندسة الكيميائية أو الهندسة الحيوية وهي العلم الذي يبحث في تصميم وبناء وحدة معالجة تتضمن متعضيات وجزيئات حيوية كالمفاعلات الحيوية.

---

(1) ويكيبيديا، (بتصرف).

يتم تدريس الهندسة الحيوية عادة كخيار إضافي لطلاب الهندسة الكيميائية والهندسة الحيوية نظراً لأوجه التشابه في خلفية المناهج الجامعية لطلاب التخصصين، وتدخل تطبيقات الهندسة الحيوية الكيميائية في إنتاج المواد الغذائية والأعلاف والأدوية، التقنية الحيوية، وصناعات معالجة المياه[1].

هندسة كيميائية : Chemical Engineering

الهندسة الكيميائية أو تكتب الهندسة الكيمياوية وهي ذلك الفرع من العلوم الهندسية الذي يختص بتصميم وتطوير العمليات الصناعية الكيميائية أو التحويلية، وبتصميم وبناء وإدارة المصانع التي تكون العملية الأساسية فيها هي التفاعلات الكيميائية وتندرج تحت هذا التخصص عمليات انتقال المادة والحرارة والكتلة، كما تشمل التفاعلات وعمليات الفصل متعددة المراحل.

يهتم المهندسون الكيميائيون بتطبيقات المعرفة المكتسبة من العلوم الأساسية والتجارب العملية، كما يهتمون بتصميم العمليات الصناعية وتطويرها وإدارة المصانع بهدف تحويلٍ آمنٍ واقتصادي للمواد الكيميائية الخام إلى منتجات نافعة، الهندسة الكيميائية هي العلم الهندسي ذو القاعدة الأوسع بين علوم الهندسة كلها، ويؤدي هذا إلى أن تكون المؤسسات والشركات في سعي دائم لتوظيف مهندسين كيميائيين في المجالات التقنية المتنوعة وفي مواقع الإشراف في أنواع الصناعات المختلفة.

إن المجالات الصناعية التي يشرف عليها المهندسون الكيميائيون واسعة جداً، تعد أهمها الصناعات الكيميائية والنفطية والبتروكيميائية، تقانة نانوية، كما إن الصناعات الغذائية والصيدلية، وهندسات الكيمياء الحيوية والطب الأحيائي هي مجالات تعتمد كثيراً على المهندسين الكيميائيين، ويضاف إلى ذلك التحكم بالتلوث والحد منه، وعلم التآكل البيئي والتحكم البيئي، وعلم الأتمتة

---

(1) المصدر السابق.

وعلـم الآلات وتطويرهـا ، وعلـم الفضاء والمـواد النوويـة ، وتقانـة الحاسـب ومعالجـة البيانات.

تعنى الهندسة الكيمياوية بدراسة التصاميم الهندسية المتعلقة بالصناعات الكيمياوية المختلفة حيث أن التصميم الكيميائي يمثل هدف إنتاجي وتجاري وهو عبارة عن علم تجميع المعلومات للوصول إلى التصميم الأمثل من خلال اختيار العملية الصناعية وظروفها والمواد الكيميائية المستخدمة فيها والأجهزة اللازمة لإتمام العملية الصناعية.

وبسبب العدد الكبير للمواد الكيميائية التي يتم التعامل معها فإن التوجه للهندسة الكيميائية هو العمليات التي تتم على هذه المواد مثل: الطحن للمواد الصلبة أو الخلط ورغم تطور عدد كبير من العمليات إلا أن المكانة الأولى لا زالت لعملية التقطير ولعمليات أخرى مثل البلورة والترشيح والتذويب والاستخلاص، وفي أي عملية يكون اهتمام المهندس الكيميائي بالعملية منطلقاً من أربع مبادئ أساسية :

1- قانون حفظ المادة: موازنة كمية المواد الداخلة إلى الوحدة والخارجة منها والمتراكمة في الوحدة والمتحولة أثناء التفاعل.

2- قانون حفظ الطاقة: موازنة الطاقة المستهلكة في الوحدة والناتجة عنها.

3- قانون الاتزان الكيميائي.

4- مبدأ التفاعلات الكيميائية.

إضافة إلى مسؤولية المهندس الكيميائي في تنظيم ترتيب وتتابع الوحدات بشكل صحيح وحساب الجدوى الاقتصادية لكامل العمليات الداخلة في الإنتاج.

وتنقسم العمليات في التصنيع إلى تصنيع متقطع (بالخلطة) أو المستمر حيث أن التصنيع المستمر يعطي كفاءة أعلى ولكن تصميم الخطوط والتحكم بها يكون على درجة أعلى من الصعوبة ولذا كان المهندسين الكيميائيين من أول الذين طبقوا أنظمة التحكم الأوتوماتيكية في تصميماتهم.

أهم المساقات الدراسية للهندسة الكيميائية: ميكانيكا الموائع، حركية التفاعلات الكيميائية، الديناميكا الحرارية، هندسة التفاعلات الكيمائية،

انتقال المادة، انتقال الحرارة، عمليات المواد الصلبة، هندسة التحكم، هندسة التآكل، هندسة البيئة ومعالجة المياه، هندسة البترول والبتروكيماويات، هندسة الكيمياء الحيوية، تقنية النانو (المواد متناهية الصغر)، تصميم مصانع، تصميم المعدات، صناعات متفرقة، الكيمياء العامة والعضوية والتحليلية، الفيزياء العامة والرياضيات والمعادلات التفاضلية[1].

هندسة لاإقليدية : Non-Euclidean geometries

يعبر مصطلح الهندسة اللاإقليدية في علم الرياضيات عن الهندسة الاهليليجية وهندسة القطوع الزائدة والتي هي مقابل للهندسة الإقليدية، الفرق الأساسي بين الهندسة الإقليدية والهندسة اللاإقليدية هو في طبيعة المستقيمات المتوازية، حيث تنص مسلمة إقليد الخامسة أن في المستوي الثنائي الأبعاد من أجل أي مستقيم l ونقطة A لا تقع على المستقيم l يوجد مستقيم وحيد من A ولايتقاطع مع l، في هندسة القطع الزائد يوجد عدد لانهائي من المستقيمات التي تمر بـ A بدون أن تقطع l بينما في الهندسة الاهليليجية فإن المستقيمين المتوازيين يتقاربان ومن ثم يتقاطعان.

مبادئ الهندسة اللاإقليدية:

الفرق الأساسي بين الهندسة اللاإقليدية والهندسة الإقليدية هو في التعديل على المسلمة الإقليدية الخامسة والتي تعرف باسم مسلمة التوازي، وعليه تقسم إلى هندسة القطع الزائد والهندسة الاهليليجية ولكل منها افتراضاته وقواعده الرياضية، تلعب الهندسة الاهليليجية دوراً هاماً في النظرية النسبية وفي هندسة الفضاء الزمني، إن المبادئ التي تم تطبيقها على المستويات اللاإقليدية من الممكن مشاهدتها في الفضاء ثلاثي البعد، إن شريط موبيوس وزجاجة كلاين كلاهما أجسام كاملة ذات سطح واحد من المستحيل تمثيلهما في المستوي الإقليدي.

---

(1) المصدر السابق.

أشكال الهندسة اللاإقليدية:

❖ هندسة القطع الناقص:

أبسط شكل من أشكال الهندسة الاهليليجية هي الكرة حيث تكون المستقيمات عبارة عن دوائر (مثل دائرة خط الاستواء في الكرة الأرضية)، في هندسة القطع الناقص فإنه من أجل أي مستقيم l ونقطة A لا تقع على l فإن جميع المستقيمات المارة من A ستتقاطع مع l.

❖ هندسة القطع الزائد:

في هندسة القطع الزائد، من أجل أي مستقيم l ونقطة A لا تقع على المستقيم l يوجد عدد لانهائي من المستقيمات التي تمر بـ A بدون أن تقطع l[(1)].

هندسة محدبة: Convex geometry

في الرياضيات، الهندسة المحدبة Convex geometry هي فرع الهندسة الرياضية الذي يهتم بدراسة المجموعات المحدبة خاصة في الفضاء الإقليدي.

تاريخ:

تعتبر الهندسة المحدبة فرع جديد نسبياً في الرياضيات، على الرغم من أنها تعتمد على أسس تعود إلى أعمال قام بها إقليدس وأرخميدس.

أصبحت الهندسة المحدبة فرعاً مستقلاً في الرياضيات في القرن التاسع عشر وخصوصاً على أعمال هيرمان مينكوفسكي وهيرمان بون[(2)].

هندسة مطلقة: Absolute geometry

الهندسة المطلقة Absolute geometry هي الهندسة الرياضية المبنية على النظام البديهي الذي لا يفترض مسلمة التوازي أو أي من بدائلها، تم استخدام هذا

(1) المصدر السابق.

(2) المصدر السابق، (بتصرف).

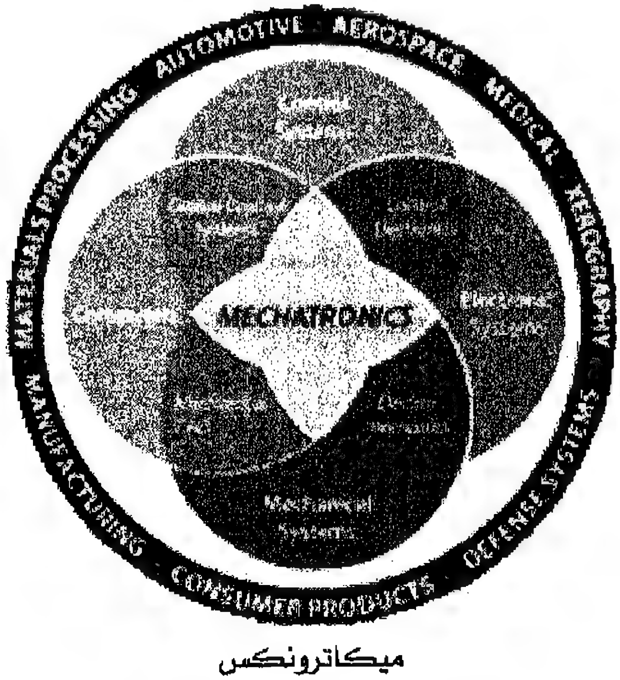
المصطلح من قبل العالم يانوس بوياي في العام 1832، يطلق عليها أحياناً اسم الهندسة الحيادية neutral geometry حيث أنها حيادية تجاه مسلمة التوازي.

وعليه فإن نظرياتها تكون صحيحة في الهندسة اللاإقليدية بالإضافة إلى الهندسة الإقليدية، في العناصر الإقليدية تتجنب الافتراضات الـ28 الأولى استخدام مسلمة التوازي، وبالتالي يمكن تطبيقها على الهندسة المطلقة.

عدم الاكتمال:

الهندسة المطلقة هي مثال على عدم الاكتمال لنظام بديهي، على سبيل المثال خذ العبارة التالية (إن مجموع قياسات زوايا أي مثلث يساوي مجموع قياسي زاويتين قائمتين)، هذه العبارة لا يمكن برهانها في الهندسة المطلقة، فإذا كانت العبارة مبرهنة فإنها ستكون صحيحة في هندسة القطع الناقص، حيث أن مجموع قياسات زوايا أي مثلث هو أقل من مجموع زاويتين قائمتين، وبالتالي تنقض العبارة[1].

هندسة ميكاترونيات: Mechatronics



ميكاترونكس

(1) ويكيبيديا، الموسوعة الحرة، (بتصرف).

المصطلح ميكاترونكس Mechatronics يستعمل للدلالة على حقل هندسي واسع ومتشعب جداً، وهي الهندسة التي تجمع بين الهندسة الميكانيكية والهندسة الكهربائية وهندسة الحاسوب وأيضاً هندسة الإلكترونيات، ويتطور بصورة مذهلة من يوم إلى آخر، هذا المجال من الهندسة يتضمن تصميم أي منتج product عمله يعتمد على دمج أنظمة ميكانيكية وإلكترونية، يقوم بدور المنسق فيها منظومة تحكم control system.

تاريخها:

كلمة ميكاترونكس ظهرت لأول مرة في اليابان في أواخر الستينات واستعملت بعدها في أوروبا قبل أن تنتشر في كل أنحاء العالم، وتصميم أي منظومة ميكاترونية يتطلب هندسة الميكانيك، الإلكترونيات، التحكم control، وهندسة الكومبيوتر بشكل أساسي، فمهندس الميكاترونكس يجب أن يكون قادراً على تصميم واستعمال الدارات الإلكترونية التماثلي والرقمي Analog and digital circuits، المعالج المصغر microprocessors، الآلات الميكانيكية، حساسات (مجسات) sensors، محركات actuators، وأنظمة التحكم كي يكون قادراً على الوصول إلى الأهداف المرجوة من تصميمه.

المنظومات الميكاترونية تدعى أحياناً بالأجهزة الذكية، لأنها يفترض أن تحاكي طريقة التفكير البشرية، اليوم، دخلت الميكاترونكس إلى كل الأجهزة تقريباً، فهي ليست مختصة بالروبوتات أو المصانع فقط، مثلاً نجدها في الطيار الآلي ونجد هذا واضحاً في طيارة ايرباص Air Bus A380 الجديدة، إن الميكاترونيكس هي المستقبل بعينه، وهي كما قال دافور هاروفات متخصص فني في معمل فورد للبحوث: "إن الميكاترونيكس هي خليط من التكنولوجيا والأساليب، فبهما نساعد في الحصول على منتج أفضل"، كما في بخاخ السيارة الإلكتروني electronic fuel injection system، ومكابح الـ ABS في السيارات في الأدوات المنزلية كالغسالة الاوتوماتيكية وحتى بعض ألعاب الأطفال.

تطبيقاتها:

من تطبيقات هندسة الميكاترونكس:

1- أجهزة التحكم المنطقي القابل للبرمجة:
Programmable Logic Controller (PLC)

2- أنظمة التحكم الإشرافي وجلب البيانات:
Data Acquisition (SCADA)Supervisory Control and

3- منظومة إدارة المباني Building Management System (BMS).

4- الأتمتة، وهي جزء من الروبوتيات.

5- المحركات التي تتحرك بمقدار وزاوية معين Servo-mechanics.

6- نظم التحكم عن بعد.

7- السيارات والهندسة، في تصميم النظم الفرعية مثل مكافحة قفل أنظمة الكبح.

8- هندسة الحاسوب، وتصميم آليات مثل أقراص الكمبيوتر[1].

هندسة ميكانيكية: Mechanical Engineering

الهندسة الميكانيكية هي فرع من فروع الهندسة يهتم بتصميم، وتصنيع، وتشغيل، وتطوير الآلات أو الأجهزة المستخدمة في مختلف قطاعات النشاطات الاقتصادية[2]، وبتعريف الموسوعة البريطانية فإن الهندسة الميكانيكية هي فرع من فروع الهندسة يهتم بالتصميم، وبالتصنيع، وبالتركيب، وتشغيل المحركات، والآلات، وعمليات التصنيع، وهي مهتمة بشكل خاص بالقوى والحركة[3]، وهو علم يهتم بدراسة الطاقة بكافة صورها وتأثيرها على الأجسام، وهو تخصص واسع له علاقة بكل مجالات الحياة، فالهندسة الميكانيكية تتعلق مثلاً بصناعات

(1) المصدر السابق.

(2) http://www.granddictionnaire.com.
(3) http://www.britannica.com.

الفضاء، والطيران، وبالإنتاج، وتحويل الطاقة، وميكانيكا الأبنية، والنقل، وتكنولوجيا التكييف التبريد، وفي النمذجة والمحاكاة المعلوماتية.

تاريخ:

إن اختراع المحرك البخاري في الجزء الأخير من القرن الثامن عشر، أعطى مفتاحاً لمصدر الطاقة للثورة الصناعية، ودافعاً كبيراً لتطوير الآلة بجميع أشكالها، وبالنتيجة، تطور صنف جديد هام في الهندسة يتناول الأدوات والآلات المتطورة، وتلقت اعترافاً رسمياً بها في عام 1847 بتأسيس مؤسسة المهندسين الميكانيكيين في برمنغهام.

نشأت الهندسة الميكانيكية نتيجة الممارسة ومبدأ المحاولة والخطأ من قبل مهندسين مختصين وبطرق علمية في البحث، والتصميم، والإنتاج، وقد كان الطلب الدائم على الكفاءة سبب في الارتفاع المتزايد لنوعية العمل المطلوب من المهندس الميكانيكي مما يتطلب درجة عالية من التعلم والمهارة.

العلوم الأساسية لمهندس الميكانيكا:

علم الحركة (ديناميكا)- علم السكون (استاتيكا)- ميكانيكا المواد- أدوات القياس الهندسية- انتقال الحرارة- ميكانيكا الموائع- الديناميكا الحرارية- تكنولوجيا الغازات المنضغطة- التدفئة والتهوية وتكييف الهواء- ميكاترونيات- نظرية التحكم- تكنولوجيا التصنيع- التصميم بمساعدة الحاسوب- ميكانيكا الآلات (تهتم بدراسة نظرية الآلات وطرق توصيل القطع والأجزاء الميكانيكية معاً لتتحرك بآلية معينة، وتهتم أيضاً بدراسة مسننات الحركة وعلاقات المسننات المرتبطة معاً وأنوعها، كما أنها توضح العلاقة بين حدبة تحويل الحركة The Cam Profile مع المسافة والسرعة التي يتحركها تابع الحركة The follower)- التصميم الميكانيكي- التصنيع بمساعدة الحاسوب.

وينبغي على مهندس الميكانيكا أن يكون مدركاً وقادراً على التعامل مع القواعد الأساسية لعلوم الكيمياء والكهرباء والفيزياء الهندسية، وتحتوي معظم دراسات الهندسة الميكانيكية على دراسة الرياضيات والرياضيات المتقدمة وخاصة المعادلات التفاضلية والجزئية والخطية.

الأدوات الحديثة لمهندس الميكانيكا:

العديد من شركات الهندسة الميكانيكية أدرجت أنظمة هندسية مساعدة باستخدام الحاسب الآلي لعمليات التصميم والتحليل الخاصة بها، وتشمل هذه النظم الرسم الثنائي والثلاثي الأبعاد لنماذجها، وهذه الطريقة لها العديد من المزايا منها تسهيل وتفسير تصور المنتج وإمكانية إجراء تجميع للأجزاء بسهولة وحساب السماحيات المطلوبة والتداخل الواجب توافره قبل بدء عملية التصنيع.

وظائف الهندسة الميكانيكية:

هناك أربع وظائف للمهندس الميكانيكي، وهي مشتركة في جميع فروع الهندسة الميكانيكية:

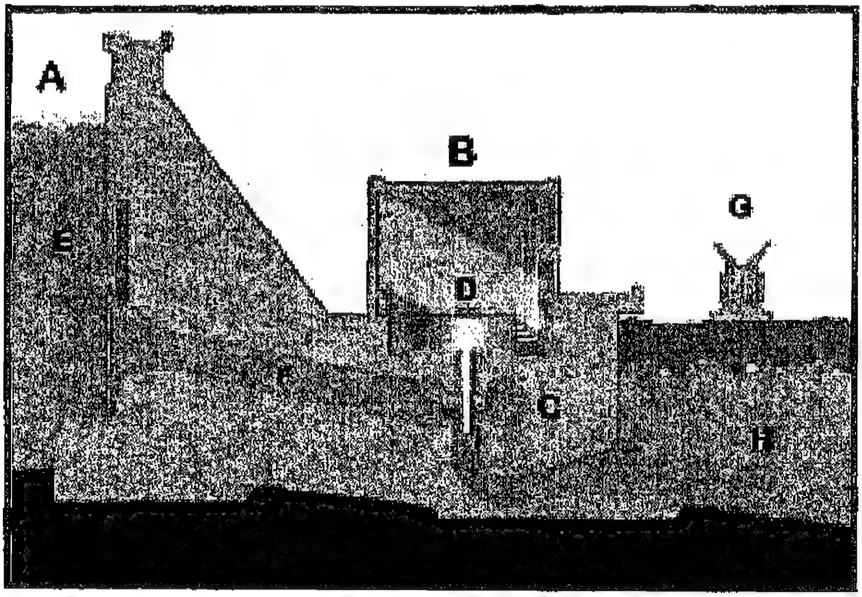
- الوظيفة الأولى هي فهم وإدراك المبادئ الأساسية للعلوم المكيانيكية، وهي تشمل الديناميكا (وهي العلاقة بين القوى والحركة، مثل الاهتزازات، والتحكم الآلي)، والديناميكا الحرارية (تتعامل مع العلاقات بين الأشكال المختلفة للحرارة، والطاقة، والقدرة، وجريان الموائع، والتشحيم والتزليق، وخواص المواد).
- الوظيفة الثانية هي سلسلة البحث والتصميم والتطوير، وهذه الوظيفة تحاول إحداث التغييرات اللازمة لتلبي احتياجات الحاضر والمستقبل، وهذا العمل يتطلب فهم واضح للعلوم الميكانيكية، والقدرة على تحليل النظم المعقدة إلى عناصر بسيطة، والابتكار في التأليف والاختراع.
- الوظيفة الثالثة هي إنتاج المنتجات، وتشمل التخطيط والتشغيل والصيانة، والهدف هو إنتاج أعظم قيمة بأصغر تكلفة، وأقل توظيف للأموال، مع المحافظة أو تعزيز ديمومة أو مكانة الشركة.

❖ الوظيفة الرابعة وهي وظيفة مهمة لمهندس الميكانيكا وتشمل الإدارة، وفي بعض الأحيان التسويق.

هناك نزعة دائمة في هذه الوظائف لاستخدام الطرق العلمية بدلاً من الطرق التقليدية أو الحدسية، وتعتبر بحوث العمليات، وهندسة القيمة Value engineering، وتحليل المسائل بالأسلوب المنطقي PABLA Problem analysis by logical approach عناوين أساسية لهذه الأساليب.

وتعتبر الهندسة الميكانيكية من أهم مجالات الهندسة في العالم أجمع وذلك لاعتماد الصناعة عليها بصورة كلية[1].

هندسة هيدروليكية : Hydraulic engineering



سدّ هيدروكهربائي: مستودع(A)، محطة القدرة(B)، عنفة(C)، مولد(D)، فوهة ماصة(E)، ماسورة منفثية(F)، خطوط إنفاذ قدرة كهربائية(G)، النهر(H)

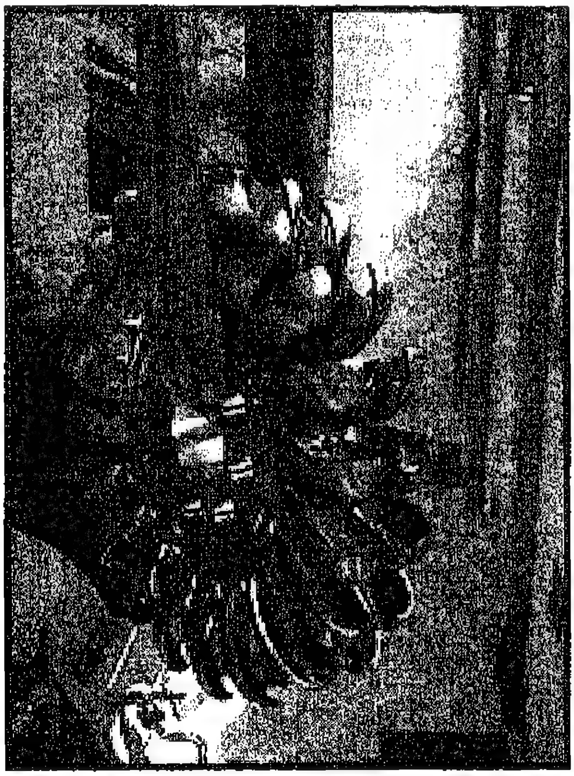
الهندسة الهيدروليكية Hydraulic engineering هي فرع من الهندسة المدنية وتختص بسريان وتدفق الموائع وخاصةً المياه، يرتبط هذا القسم من الهندسة

(1) ويكيبيديا، الموسوعة الحرة، (بتصرف).

بتصميم الجسور، والسدود، والقنوات المائية، والترع، وبكل من الهندسة الصحية، والبيئية.

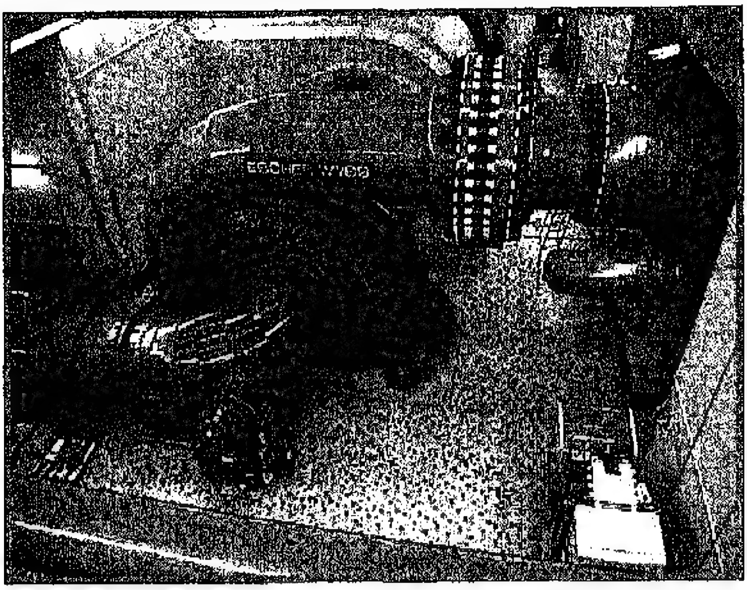
تطبيقات:

تتضمن الموضوعات التصميمة العامة لمهندسي الهيدروليكا تصميم المنشآت الهيدروليكية والتي تتضمن السدود، وشبكات توزيع المياه، وشبكات تجميع المياه، وإدارة مياه الأمطار والعواصف، نقل الرواسب، والكثير من الموضوعات المتعلقة بهندسة النقل، والهندسة الجيوتقنية، المعادلات المتطورة من مبادئ ديناميكا الموائع تستخدم عادةً بواسطة مهندسي المرور.



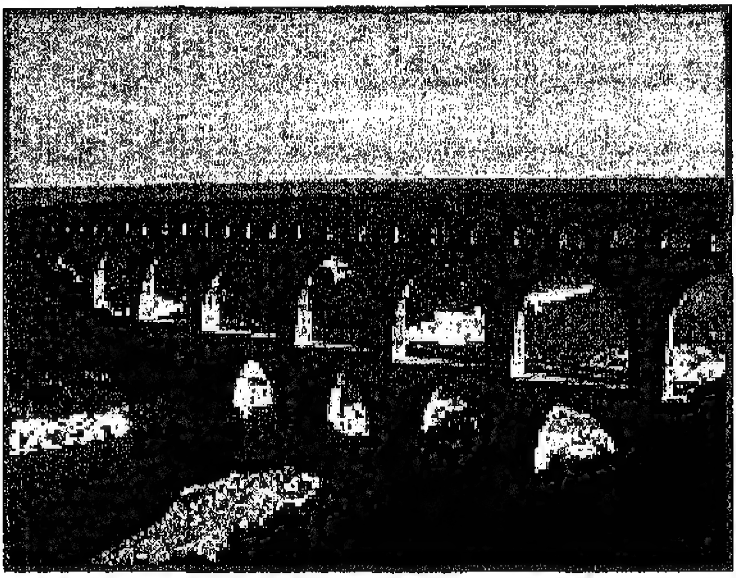
عجلة الجواريف، مركبة رئيسية من العنفة من نوع بيلتون

وتتضمن الأفرع المتعلقة بالهندسة الهيدروليكية علم المياه، والهيدروليكية النمذجة، ورسم خرائط الفيضانات، وخطط إدارة مستجمعات المياه من الفيضانات، وخطط إدارة الشاطئ، والاستراتيجيات مصبات الأنهار، وحماية السواحل، والتخفيف من حدة الفيضانات.



ردهة الآلات في محطة هيدروكهربائية

تاريخ:



إحدى قنوات جر الماء الرومانية (**aqueduct**).

تطورت الهندسة الهيدروليكية تطوراً كبيراً خلال فترة الإمبراطورية الرومانية وخاصةً عند تطبيقها في تشيد وصيانة قنوات جر الماء (aqueduct)، استخدموا أيضاً أساليب التعدين الهيدروليكي في استخراج الذهب الغريني وسمي هذا الأسلوب بالطمس، كما أستخدم هذا الأسلوب في استخراج عدة معادن أخرى كالرصاص والقصدير.

في الصين القديمة؛ تطورت الهندسة الهيدروليكية تطور كبير، فبنى المهندسون قنوات وترع عملاقة عليها سدود للتحكم في تدفق مياه الري الزراعي، يعتبر سانشو أو Sunshu Ao هو أول مهندس هيدروليكي، ومن أهم المهندسون الهيدروليكيون في الصين القديمة المهندس سيمين بوه Ximen Bao والذي بدء في تطبيق قنوات الري بشكل كبير وذلك خلال فترة الدول المتحاربة (481 ق.م- 221 ق.م).

يتخلل الهندسة الهيدروليكية الحديثة استخدام ديناميكا الموائع التحسيبية computational fluid mechanics لعمل حسابات دقيقة للتنبؤ بخصائص التدفق[1].

هندسة وراثية : Genetic engineering

الهندسة الوراثية Genetic engineering وتسمى أيضاً بالتعديل الوراثي هي تلاعب إنساني مباشر بالمادة الوراثية للكائن الحي بطريقة لا تحدث في الظروف الطبيعية وتتضمن استخدام الدنا المؤشب غير أنها لا تشمل التربية التقليدية للنباتات والحيوانات والتطفير، ويعتبر أي كائن حي يتم إنتاجه باستخدام هذه التقنيات كائناً معدلاً وراثياً، كانت البكتيريا هي أول الكائنات التي تمت هندستها وراثياً في عام 1973 ومن ثم تلتها الفئران في عام 1974، وقد تم بيع الأنسولين الذي تنتجه البكتيريا في العام 1982 بينما بدأ بيع الغذاء المعدل وراثياً منذ العام 1994.

إن الهندسة الوراثية هي التقنية التي تتعامل مع الجينات، البشرية منها والحيوانية بالإضافة إلى جينات الأحياء الدقيقة، أو الوحدات الوراثية المتواجدة على الكروموسومات فصلاً ووصلاً وإدخالاً لأجزاء منها من كائن إلى آخر بغرض إحداث حالة تمكن من معرفة وظيفة (الجين) أو بهدف زيادة كمية المواد الناتجة عن التعبير عنه أو بهدف استكمال ما نقص منه في خلية مستهدفة.

يتطلب الشكل الأكثر شيوعاً من الهندسة الوراثية إدخال مادة وراثية جديدة في موقع غير محدد من جين العائل، يمكن تحقيق ذلك عن طريق عزل ونسخ

(1) المصدر السابق.

المادة الوراثية ذات العلاقة، وتوليد بناء يتضمن كل العناصر الجينية بغرض الحصول على تعبير وراثي صحيح ومن ثم إدخال هذا البناء في الكائن العائل، تحتوي الأشكال الأخرى من الهندسة الوراثية استهداف الجين وضرب جينات محددة باستخدام النيوكلييزيز Nucleases المهندس مثل نكلياز أصبع الزنك Zinc-Finger Nuclease أو أنزيمات التوجيه Homing Endonucleases المعدلة وراثياً.

طبقت تقنيات الهندسة الوراثية في مجالات عدة تتضمن البحث والتقنيات الحيوية والطب، ويتم حالياً إنتاج أدوية مثل الأنسولين وهرمون النمو البشري في البكتيريا، استخدمت فئران التجارب مثل فأر الأورام OncoMouse والفئران المعطلة وراثياً Knockout Mouse لأغراض البحث العلمي وإنتاج المحاصيل المقاومة للحشرات و/أو المحاصيل المتحملة للمبيدات تم تسويقها تجارياً.

تم تطوير نباتات وحيوانات مهندسة وراثياً قادرة على إنتاج عقاقير أقل تكلفة من الطرق الحالية باستخدام طريقة التقنيات الحيوية (وتدعى بالصيدلة البيولوجية أو الحيوانية)، وفي عام 2009 قامت إدارة الأغذية والعقاقير بالموافقة على بيع البروتين الدوائي الذي يدعى مضاد الثرومبين Antithrombin والذي يتم إنتاجه في حليب الماعز المهندس وراثياً.

تعريف الهندسة الوراثية:

تقوم الهندسة الوراثية بتعديل التركيب الوراثي لكائن حي باستخدام تقنيات تُقدّم المادة وَرُوْثِيّة التي تحضّر خارج الكائن الحي أما مباشرة داخل العائل أو داخل خلية تدمج أو تهجن مع العائل[1]، تتطلب هذه العملية استخدام تقنيات الحمض النووي المؤشب (الدنا أو الرنا) لتشكيل تركيبات جديدة من المادة الجينية الموروثة متبوعة باختلاط هذه المادة إما بطريقة غير مباشرة باستخدام نظام ناقل أو مباشرة عبر تقنيات التلقيح المجهري وحقن الماكرو والكبسلة الدقيقة، لا تتضمن الهندسة

(1) The European Parliament and the council of the European Union (12 March 2001). "Directive on the release of genetically modified organisms (GMOs) Directive 2001/18/EC ANNEX I A". Official Journal of the European Communities.

الوراثية التربية التقليدية للنباتات والحيوانات والتخصيب في المختبر وتقديم تعدد الصيغ الصبغية والطفرات وتقنيات دمج الخلايا التي لا تستخدم الأحماض النووية المؤشبة أو الكائنات الحية المعدلة وراثيا في العملية[1] يمكن استخدام الهندسة الوراثية ضمن أبحاث الاستنساخ والخلايا الجذعية مع أنها لا تعتبر هندسة وراثية[2] إلا أنها وثيقة الصلة بها[3]، وعلم الأحياء التخليقي هو نظام ناشئ والذي يتقدم بالهندسة الوراثية خطوة إلى الأمام عن طريق تقديم المادة الوراثية المخلّقة صناعياً من مواد خام إلى كائن حي[4].

إذا ما أضيفت مادة وراثية من أنواع أخرى إلى العائل، فإن الكائنات الناتجة تدعى بالمعدلة وراثياً أما إن كانت المادة الوراثية التي استخدمت هي من نفس النوع أو من نوع يمكن له أن يتناسل طبيعياً مع العائل فإن الكائن الناتج يدعى بالكائن ذي الصلة يمكن استخدام الهندسة الوراثية أيضاً في إزالة المادة الوراثية من الكائن الهدف، مما يخلق كائناً معطّلاً، يعتبر التعديل الجيني في أوروبا مرادفاً للهندسة الوراثية بينما يستخدم نفس اللفظ داخل الولايات المتحدة الأمريكية للدلالة على طرق التكاثر التقليدية.

نظرة تاريخية:

تمكّن البشر من تعديل جينومات الأنواع لآلاف السنين عبر الانتخاب الاصطناعي وباستخدام التطفير، حديثاً، لم تتواجد الهندسة الوراثية كمفهوم

---

(1) المصدر السابق.

(2) Van Eenennaam ،Alison. Is Livestock Cloning Another Form of Genetic Engineering?. agbiotech.

(3) David M. Suter، Michel Dubois-Dauphin، Karl-Heinz Krause (2006). "Genetic engineering of embryonic stem cells". Swiss Med Wkly 136 (27-28): 413–415. PMID 16897894.

(4) Ernesto Andrianantoandro، Subhayu Basu، David K Kariga & Ron Weiss (16 May 2006). "Synthetic biology: new engineering rules for an emerging discipline". Molecular Systems Biology 2 (2006.0028): 2006.0028. doi:10.1038/msb4100073. PMID 16738572. PMC:1681505.

التلاعب المباشر الذي يمارسه البشر على الدنا خارج نطاق التناسل والطفرات إلا منذ عام سبعينيات القرن الماضي، صيغ مصطلح "الهندسة الوراثية" لأول مرة بواسطة جاك ويليامسون في رواية الخيال العلمي جزيرة التنين التي نشرت عام 1951، وقد كان كل من ألفريد هيرشي ومارثا تشيس[1] قد أكدا دور الدنا في الوراثة قبل ذلك بسنة كما وأثبت جيمس واتسون وفرانسيس كريك أن جزيء الدنا ذو تركيب حلزوني مزدوج قبل ذلك بسنتين.

في عام 1972 أنشأ بول بيرغ أول جزيئات دنا مؤشبة بواسطة الدنا المجمّع من الفيروس القردي SV40 إضافة إلى ذلك المأخوذ من فيروس اللمدا، اخترع كل من هيربرت بويرز وستانلي كوهين أول كائن حي معدل وراثياً (Transgenic) في عام 1973 عن طريق إدخال جينات مقاومة للمضادات الحيوية في بلازميد بكتيريا الإشريكية القولونية، بعد ذلك بعام، صنع رودلف جانيسش فأراً معدلاً جينياً عن طريق تقديم دنا غريب في جنين الفأر جاعلاً منه أول حيوان معدل جينياً في العالم[2]، في عام 1976 تم تأسيس شركة غينيتيك وهي أول شركة هندسة جينية أسسها هيربرت بوير وروبرت سوانسون وبعد ذلك بعام أنتجت الشركة هرمونا بشريا (سوماتوستاتين) في الإشريكية القولونية، أعلنت غينيتيك إنتاج الأنسولين البشري المهندس وراثياً في العام 1978، في عام 1980، أصدرت المحكمة العليا للولايات المتحدة الأمريكية في قضية دياموند ضد تشاكارباتي حكما يقضي بإمكانية أن يكون للحياة المعدلة جينيا براءة اختراع، تمت الموافقة على التصريح بإنتاج الأنسولين الذي تنتجه البكتيريا ويدعى بالهوملوين بواسطة إدارة الغذاء والدواء في عام 1982.

---

(1) Biochemical Method for Inserting New Genetic Information into DNA of Simian Virus 40: Circular SV40 DNA Molecules Containing Lambda Phage Genes and the Galactose Operon of Escherichia coli" (October 1, 1972). PNAS 69 (10): 2904–2909. doi:10.1073/pnas.69.10.2904. PMID 4342968.

(2) Jaenisch، R. and Mintz، B. (1974). "Simian virus 40 DNA sequences in DNA of healthy adult mice derived from preimplantation blastocysts injected with viral DNA.". Proc. Natl. Acad. Sci. 71 (4): 1250–1254. doi:10.1073/pnas.71.4.1250. PMID 4364530. PMC:388203.

جرت محاولات التجارب الميدانية لإنتاج النباتات المعدلة وراثياً في فرنسا والولايات المتحدة في عام 1986 حيث تمت هندسة نباتات التبغ بغرض جعلها مقاومة لمبيدات الأعشاب[1]، كانت جمهورية الصين الشعبية أول دولة تسوق النباتات المعدلة وراثياً مقدمة تبغاً مقاوماً للفيروسات في عام 1992، في عام 1994 حصلت شركة مونسانتو على الموافقة على تسويق طماطم Flavr Savr تجارياً وهي طماطم تمت هندستها لتمتلك فترة صلاحية أطول (shelf life)، في عام 1994 وافق الاتحاد الأوروبي على التبغ المهندس وراثياً ليكون مقاوماً لمبيد الأعشاب بروميناال مما يجعله أول محصول مهندس جينياً في أوروبا، في عام 1995، أعلنت وكالة حماية البيئة أن بطاطا بت بوتاتو (Bt Potato) آمنة مما يجعلها أول مبيد حشري للمحاصيل تتم الموافقة عليه في الولايات المتحدة، في عام 2009 تمت زراعة 11 محصولاً معدلاً وراثياً في 25 دولة بغرض تسويقها وكانت الدول التي تمتلك أكبر مساحات مزروعة هي الولايات المتحدة والبرازيل والأرجنتين والهند وكندا والصين والبوروغواي وجنوب أفريقيا[2].

في عام 2010، أعلن العلماء في معهد ج. كريغ فينتر أنهم قد أنشأوا أول جينوم بكتيري مخلّق وأضافوه إلى خلية لا تحتوي أي دنا، وكان الجرثوم الناتج والمسمى سينثيا أول شكل من الحياة المخلقة في العالم.

مع اكتشاف الكروموسومات تم التوصل إلى معرفة الجينات على أنها أشرطة مسجل عليها صفات الكائن أو الخلية المادية، وهذه الجينات ما هي إلا سلم مزدوج من الحمض الريبي النووي منقوص الأوكسجين DNA كما يعرف بحامل الشيفرات الوراثية.

1- أن DNA هو حامل الشفرة الوراثية.

---

(1) James ،Clive (1996). Global Review of the Field Testing and Commercialization of Transgenic Plants: 1986 to 1995. The International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications وُصِل لهذا المسار في 2011/8/17.

(2) Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2009 ISAAA Brief 41-2009، February 23، 2010, retrieved August 9, 2011.

2- أن الصفات التي يحملها تترجم منه إلى بروتينات تتجسد على هيئة الصفة المطلوب تنفيذها.

3- أن كل خيط يمكن أن يكون قالباً يتكون عليه خيط جديد يتزاوج معه مستخدماً وحداته البنائية من السايتوبلازم.

4- أنه يمكن قطع ووصل هذا اللولب المزدوج بوسائل تقنية متعددة وفي أماكن مختلفة، كما يمكن بسهولة فصل زوجي اللولب.

5- أنه يمكن قص ولصق قطعة منه من مكان لآخر.

6- أن تغييراً أو تدميراً يشوه هذا النظام يؤدي إلى: إما نتيجة قاتلة للكائن أو حالة مرضية مترتبة على تعطل صفة من صفاته والتي تختلف من حيث أهميته.

7- إن تركيب DNA ومكوناته هي (سكر، وأدنين، وفوسفات) وهذه التركيبة مشتركة في جميع الكائنات من الأحياء الدقيقة إلى الفيل.

كيفية إجراء الهندسة الوراثية:

تتم الهندسة الوراثية بعدة طرق تكون بشكل أساسي مؤلفة من 4 خطوات:

1- عزل الجين المرغوب: يتم العزل من خلال تحديد الجين المرغوب إدخاله إلى الخلايا من خلال معلومات مسبقة عن المورثات والتي يتم الحصول عليها إما من خلال عمل مكتبات من cDNA أو gDNA ومن ثم تتم مضاعفة هذه الجينات باستخدام تفاعل سلسلة البوليميرز.

2- إدخال أو تحميل الجين المرغوب في حامل مناسب مثل بلازميد، كما يمكن استخدام حوامل أخرى مثل الحوامل الفيروسية أو الليبوزوم.

3- إدخال الحامل في خلايا المتعضية المراد تعديلها، وتتم بعدة طرق منها بندقية الدنا.

4- عزل وفصل الخلايا أو المتعضيات التي تعدلت وراثياً بنجاح عن الطبيعية، ويتم ذلك بعدة طرق منها: استخدام مسبار الدنا للتحري عن الجين المدخل أو

باستخدام المعلمات التمييزية Selectable Marker للتحري عن صفة مقاومة موجودة مع الحامل وتكون مميزة بمقاومتها لصفة معينة كالمعلمات التمييزية التي تكسب مقاومة لمضاد حيوي معين.

عزل الجين:

في البداية، يتم اختيار وعزل الجين المراد إدخاله في الكائن المعدل وراثياً، توفر معظم الجينات المنقولة إلى النباتات حالياً نوعاً من الحماية ضد الحشرات أو المرونة ضد المبيدات الحشرية، كما وأن معظم الجينات التي تستخدم في الحيوانات هي الجينات الخاصة بهرمونات النمو[1]، يتم عزل الجين بمجرد اختياره ويتطلب هذا عادة مضاعفة الجين باستخدام تفاعل سلسلة البلمرة (PCR)، إذا ما كان الجين المختار أو جينوم الكائن الواهب مدروساً بشكل جيد فيمكن حينها تقديمهما في المكتبة الوراثية أما إذا ما كانت سلسلة الدنا معروفة مع عدم توفر نسخ من الجين فيمكن تخليقه صناعياً، وبمجرد عزل الجين يتم إدخاله إلى بلازميد بكتيري.

تجهيز المتراكبات الوراثية:

يجب جمع الجين المراد إدخاله في الكائن المعدل جينياً مع باقي العناصر الجينية وذلك كي تعمل بشكل فعال ويمكن تعديل الجين عند هذه المرحلة أيضاً وذلك للحصول على تعبير أو فعالية أفضل، فضلاً عن الجين الذي سيتم إدخاله فإن معظم بناء الدنا يحوي محفزاً ومنطقة غالقة كجين المعلمات التمييزية، تبدأ منطقة المحفز نسخاً للجين ويمكن استخدامه للسيطرة على موقع ومستوى تعبير الجين، بينما تنهي منطقة الغلق النسخ، تمنح المعلمات التميزية في معظم الحالات مقاومة للمضادات الحيوية للكائن الحي الذي تعبّر فيه وهو من الأهمية بمكان لتحديد ما هي الخلايا التي ستتحول إلى جين جديد، تبنى متراكبات الدنا باستخدام تقنيات الدنا المؤشب مثل الهضم المحدود وعملية ربط الدنا والاستنساخ الجزيئي.

(1) Food and Agricultural Organisation of the United Nations. The process of genetic modification.

الجينات المستهدفة:

يتطلب الشكل المتعارف عليه من الهندسة الجينية إدخال مادة وراثية جديدة عشوائياً داخل جينوم العائل، تسمح التقنيات الأخرى للمادة الجينية الجديدة بأن تدخل في موقع محدد من جينوم العائل أو إنتاج طفرات في الموقع الجيني المرغوب قادرة على تعطيل جينات أصلية، تستخدم تقنيات استهداف الجين التأشيب المماثل لاستهداف التغيرات المطلوبة المستهدفة وعامة يتطلب استخدام المعلمات التمييزية، يمكن تحسين تكرارات استهداف الجين بشكل كبير جداً باستخدام النيوكليزيز المهندسة مثل نيوكليزيز أصبع الزنك ونيوكليزيز التوجيه المهندسة أو تلك التي تصنع من مؤثرات تال، يستخدم النيوكلييزيز المهندس إضافة إلى تحسين استهداف الجين في تقديم الطفرات في الجينات الأصلية التي تولّد جيناً معطلاً(1).

التحول:

تستطيع حوالي 1 بالمائة من البكتيريا استغلال الدنا الغريب بشكل طبيعي ولكن يمكن حث هذا الدنا أيضاً في بكتيريا أخرى، يمكن أن يتسبب إجهاد البكتيريا مثلاً باستخدام صدمة حرارية أو كهربائية في جعل غشاء الخلية منفذاً للدنا الذي قد يتحد مع جينوم الخلية أو يتواجد على شكل دنا خارج صبغي، يتم إدخال الدنا عادة إلى خلايا الحيوان باستخدام التلقيح المجهري، حيث يمكن حقنه داخل الغلاف النووي للخلايا داخل النواة مباشرة أو عبر استخدام النواقل الفيروسية، يتم إدخال الدنا في النباتات عادة باستخدام تأشيب الأجرعية المتوسط أو البيولستية.

في تأشيب الأجرعية- المتوسط يجب أن يحتوي تركيب البلازميد أيضاً على الدنا الناقل، تقوم الأجرعية بإدخال الدنا بشكل طبيعي من البلازميد المستحث على تكوين الأورام إلى أي جينوم نبتة سريع التأثر يصيبه بالعدوى مما يسبب أمراض تدرن التاج Crown Gall، تعد منطقة الدنا الناقل من هذا البلازميد

(1) S.C. Ekker (2008). "Zinc finger-based knockout punches for zebrafish genes". Zebrafish 5 (2): 1121–3. doi:10.1089/zeb.2008.9988. PMID 18554175. PMC:2849655

مسؤولة عن إدخال الدنا، يتم استنساخ الجينات التي سيتم إدخالها إلى نواقل ثنائية والذي سيحوي الدنا الناقل ويمكن أن ينمو في كل من الإشريكية القولونية والأجرعية، بمجرد بناء الناقل الثنائي يتم تحويل البلازميد إلى أجروباكتيرم لا يحتوي على أي بلازميدات وتتم إصابة خلايا النباتات بالعدوى، سيتم عندها إدخال الأجرعية في المادة الوراثية لخلايا النباتات.

أثناء عملية البيولستية يتم تغليف جزيئات الذهب أو التنغستون بالدنا ومن ثم إطلاقها إلى خلايا نبات أصغر عمراً أو جنين نبتة، بعض المادة الوراثية سيدخل إلى الخلية وينقل هذه الجزيئات، يمكن استخدام هذه الطريقة في النباتات التي ليست حساسة لعدوى الأجرعية والتي تسمح أيضاً بتحويل بلاستيدات النبات، توجد طريقة أخرى للتحويل تستخدم لتحويل خلايا النبات والحيوان وتدعى بالتثقيب الكهربائي، يتطلب التثقيب الكهربائي تعريض خلايا النبات أو الحيوان إلى صدمة كهربائية والتي قد تتسبب في جعل غشاء الخلية منفذاً للدنا البلازميدي، في بعض الحالات ستتحد الخلايا المثقبة كهربائياً مع الدنا في الجينوم الخاص بها، وتبعاً للدمج الحاصل للخلايا والدنا فإن فاعلية التحويل لكل من البيوليستية والتثقيب الكهربائي تكون أقل من تحويل الأجرعية المتوسط والتلقيح المجهري.

الانتخاب:

لا تتحول جميع خلايا الكائن الحي عند إدخال المادة الوراثية الجديدة ففي معظم الحالات فإن المعلمات التمييزية سيتم استخدامها للتفريق بين الخلايا المحوّلة وغير المحوّلة، إذا ما تم تحويل الخلية بنجاح باستخدام الدنا فإنها ستحتوي أيضاً على الجين المؤشر، عن طريق إنماء الخلايا في حضور مضاد حيوي أو مادة كيميائية تنتخب أو تعلّم الخلايا التي تقدم ذلك الجين فإنه يصبح من الممكن فصل الأحداث المعدلة وراثياً عن غير المعدلة وتتطلب طريقة فحص أخرى استخدام مسبار الدنا والذي سيلتصق فقط بالجين المدخل، طورت عدد من الاستراتيجيات التي تسمح بإزالة المؤشر المختار من النبتة الناضجة المعدلة جينياً.

التجديد:

كلما تم تحوّل خلية مفردة داخل المادة الوراثية فلا بد أن ينمو الكائن مجدداً من تلك الخلية، بما أن البكتيريا تتكون من خلية مفردة ويعاد إنتاجها بالاستنساخ فإن التجديد يغدو غير ضروري في هذه الحالة، يتم تحقيق هذا في النباتات عن طريق استخدام زراعة الأنسجة، ولكل نوع من النباتات مطالب مختلفة للتجديد الناجح باستخدام زراعة الأنسجة، وفي حالة نجاحها فالنبتة اليالغة التي تنتج ستحوي مورثاً عابراً أو جيناً منقولاً Transgene في كل خلية، يجب التأكد من أن الدنا المدخل في الحيوانات هو حاضر في الخلايا الجنينية الجذعية، عند إنتاج الذراري يمكن التأكد من وجود الجين عن طريق الفحص، ستكون كل ذراري الجيل الأول متغايرة الزايكوتات Heterozygous للجين المدخل ويجب أن تتزاوج هذه الذراري لإنتاج حيوان متماثل.

التأكيد:

توجد حاجة لإجراء فحوص إضافية باستخدام سلسلة تفاعل البلمرة واللطخة الجنوبية والاختبارات البيولوجية للتأكيد على أن تعبير الجين قد تم وبأنه يؤدي وظيفته بنجاح كما ويتم فحص ذراري الكائن أيضا لتأكيد أنه يمكن وراثة الظاهرة الشكلية وبأنها تتبع نمط وراثة مندل.

التطبيقات:

للهندسة الجينية تطبيقات في الطب والأبحاث والصناعة والزراعة ويمكن أن تستخدم على نطاق واسع من النباتات والحيوانات والكائنات الدقيقة.

هنالك العديد من التطبيقات للهندسة الوراثية نذكر منها:

- إنتاج بعض الأدوية بكميات كبيرة: يعتبر الأنسولين أول الأدوية البشرية المصنعة بطريق الهندسة الوراثية عام 1982، كما أُمكن من خلال هذه الهندسة الحصول على عامل التجلط البشري وعوامل إذابة الجلطة.

- إنتاج الهرمونات بكميات وافرة: مثل هرمون النمو عند الإنسان.
- إنتاج بعض اللقاحات مثل لقاح التهاب الكبد الفيروسي B.
- إنتاج متعضيات معدلة وراثياً: مثل الخضروات المقاومة للطاعون والعدوى لجرثومية كما وتبقى طازجة لمدة أطول من الخضروات الطبيعية.

بعض الأمثلة:

جاء في مجلة العلوم الأمريكية مجلد 13 عدد 4 أبريل 1997 (ترجمة الكويت) ما يأتي:

- في عام 1981 أوضح (W.J كوردن) وزملاؤه في جامعة يال: أن الجنين المخصب لفأر يستطيع أن يدمج مادة جينية غريبة (DNA) في صبغياته (مورثاته) وبعدها جاء علماء من جامعة (أوهايو) الذين برهنوا أن الجين (وهو قطعة من DNA تحمل رموزاً لبروتين معين المأخوذ من الأرنب يمكن أن يؤدي وظيفته في الفأر بعد حقنه في جنين فأر وحيد الخلية) وكان من المدهش أن لاحظ العلماء أن DNA الغريب والمحقون من خلايا الأرنب إلى خلايا الفأر سرعان ما يتكامل مع صفات الفأر، ويحتمل أن تكون الخلية ميزته على أنه قطعة مكسورة من DNA الخاص بها والذي يحتاج إلى ترميم.
- وفي 1987 ظهر اكتشاف هام آخر يتعلق بالحيوانات المحورة جينياً، فقد قام مجموعة من العلماء بابتكار وسائل لتنشيط الجينات الغريبة في الغدة الثديية للفأر كان من نتيجتها تكوين جزيئات بروتينية غريبة وإفرازها في حليب الفأر المحور جينياً.
- وتمخضت هذه الأبحاث الفذة على إمكان إنتاج البروتين البشري (منشط البلازمينوجين) من خلال إدخال الجين البشري حامل هذه الصفة في الخلايا المنتجة للبن في حيوان مختار، لتكون النتيجة أن يخرج هذا البروتين بكميات كبيرة في لبن الحيوان لاستخدامه كوسيلة للعلاج في حالة نقص هذا البروتين في المرضى من البشر.

الطب:

يمكن استخدام الهندسة الوراثية في الطب لإنتاج الأنسولين وهرمونات النمو البشري وعقار الفوليستيم Follistim (الذي يستخدم في معالجة الخصوبة) والألبيومين البشري والأضداد وحيدة النسيلة والعامل المضاد للهيموفيليا واللقاحات وغيرها من العقاقير الكثير، يتطلب التلقيح عادة حقن أشكال مضعفة أو مقتولة أو غير فعالة من الفيروسات أو السميات في الشخص الذي يجري تمنيعه، يجري تطوير الفيروسات المهندسة جينيا بحيث تظل تمنح المناعة ولكنها تفتقر إلى التسلسل المعدي، تدمج الخلايا سوية في الفئران المهجنة بغرض صنع الأضداد وحيدة النسيلة ويجري أنسنتها من خلال الهندسة الوراثية لصنع أضداد وحيدة النسيلة.

تستخدم الهندسة الوراثية لصنع نماذج حيوانية للأمراض التي تصيب الإنسان، وتعتبر الفئران المعدلة وراثياً هي أكثر النماذج شيوعاً فيما يخص الحيوانات المعدلة جينياً حيث تم استخدامها لدراسة وتمثيل السرطان (فأر الأورام) والسمنة وأمراض القلب والسكري والتهاب المفاصل وتعاطي المخدرات والقلق والشيخوخة ومرض باركنسون، ويمكن اختبار العلاجات المحتملة مقابل نماذج الفئران هذه، كما وتتم تربية الخنازير المعدلة جينياً بغرض زيادة نجاح عمليات نقل الأعضاء من الخنزير إلى الإنسان[1].

إن العلاج الجيني ما هو إلا عبارة عن هندسة وراثية للبشر عن طريق استبدال جينات الإنسان المعيوبة بنسخ تعمل بكفاءة ويمكن أن يحصل هذا في الأنسجة الجسمية أو أنسجة الخط الجرثومي، إذا ما تم إدخال الجين إلى نسيج الخط الجرثومي فيمكن عندها تمريره إلى أحفاد ذلك الشخص، تم استخدام العلاج الجيني لعلاج مرضى يعانون من أوجه القصور المناعي (عوز مناعي بشكل ملحوظ) فيما استمرت المحاولات لعلاج اضطرابات جينية أخرى، ما زال نجاح العلاج الجيني محدوداً إلى الآن، وهناك أيضاً مخاوف أخلاقية بخصوص استخدام التقنية

(1) GM pigs best bet for organ transplant. Medical News Today 21september 2003.

ليس فقط من أجل العلاج بل لتحسين وتعديل أو تغيير مظهر وتكيف وذكاء وشخصية أو تصرف الكائنات البشرية، ربما يكون من الصعب الفصل بين العلاج والتطوير.

الأبحاث:

تعتبر الهندسة الوراثية أداة مهمة للعلوم الطبيعية حيث يتم تحويل الجينات والمعلومات الجينية الأخرى من مجموعة واسعة من الكائنات إلى بكتيريا بغرض تخزين وتعديل وصنع بكتيريا معدلة وراثياً أثناء العملية: فالبكتيريا كائنات رخيصة تنمو بسهولة ويمكن استنساخها وتتضاعف بسرعة ومن السهل تحويلها نسبياً ويمكن تخزينها عند درجة حرارة 80 تحت الصفر إلى أجل غير مسمى تقريباً، بمجرد عزل الجين فإنه يمكن تخزينه داخل البكتيريا ليعطي مخزوناً غير محدود لأغراض البحث العلمي.

تتم هندسة الكائنات الحية جينياً لاكتشاف وظائف جينات معينة، يمكن أن يؤثر هذا على النمط الظاهري للكائن الحي حيث يتم تعبير الجين أو ما هي الجينات الأخرى التي يتواصل معها، تتطلب هذه التجارب عادة فقداناً للوظيفة واكتسابها والتتبع والتعبير.

- تجارب فقدان الوظيفة: وهي مشابهة لتجربة تعطيل الجين بحيث تتم هندسة الكائن الحي ليفتقد إلى نشاط واحد أو أكثر من الجينات، تتضمن تجربة التعطيل صنع ومعالجة بناء الدنا في المختبر والذي يتكون في التعطيل البسيط من نسخة من الجين المطلوب ثم تعديله ليصبح غير وظيفي، تتحد الخلايا الجينية الجذعية بالجين المعدل الذي يستبدل النسخة الفاعلة الحالية بالفعل، يتم حقن هذه الخلايا الجذعية داخل البيلوستية والتي تزرع داخل الأمهات البديلات، يسمح هذا للشخص الذي يجري التجربة بتحليل العيوب التي تسببها هذه الطفرة ويحدد العلاج دور الجينات المحددة، يستخدم تحديداً في علم الأحياء النمائي، توجد طريقة أخرى- وتستخدم في الكائنات المفيدة مثل ذبابة الفاكهة-

وهي تعمل على حث التعديلات في كثافة (تجمع) عال ومن ثم تفحّص السلالة بغرض البحث عن الطفرة المطلوبة، يمكن استخدام عملية مشابهة في حالة النباتات وبدائيات النواة.

❖ تجارب اكتساب الوظيفة: النظير المنطقي للتعطيل، فتجري هذه التجارب بالتزامن مع تجارب التعطيل لإنشاء أكثر دقة للجين المطلوب، تشبه هذه العملية هندسة التعطيل كثيراً باستثناء أن بناءها مصمم لزيادة وظيفة الجين والذي يحصل عادة عن طريق تزويد نسخ إضافية من الجين أو تخليق الحث للبروتين بشكل أكثر تواتراً.

❖ تجارب التتبع: والتي تسعى إلى كسب معلومات حول توطين والتفاعل مع البروتين المطلوب، طريقة لفعل هذا هي استبدال النمط البري من الجين بجين "انصهار"، وهذا تجاور للجين النمط البري مع العامل المبلّغ مثل البروتينات الفلورية الخضراء (GFP) التي ستسمح بتصوّر منتجات التعديل الجيني، بينما يعتبر هذا تقنية مفيدة فإن التلاعب يمكن أن يدمر وظيفة الجين، مما يخلق تأثيرات ثانوية ويستدعي هذا تساؤلاً عن نتائج التجربة، تقنيات معقدة أكثر هي الآن في التطوير الذي يتتبع منتجات البروتين دون تخفيف وظيفتها مثل إضافة سلاسل صغيرة يمكنها أن تخدم كربط النماذج المكررة للأجسام المضادة وحيدة النسيلة.

❖ دراسات التعبير: تهدف إلى اكتشاف مكان وزمان إنتاج بروتينات معينة، في هذه التجارب، سلاسل الدنا قبل الدنا الذي يرمز البروتين والمعروف بمحفّز الجين، والذي يعاد إلى الكائن الحي بمنطقة ترميز البروتين مستبدلة بالجين المبلّغ مثل البروتينات الفلورية الخضراء أو الإنزيم الذي يحفز إنتاج صبغة، وبالتالي فإن الزمان والمكان الذي يتم إنتاج بروتين معين فيه يمكن ملاحظته، دراسات التعبير يمكن أن تمضي خطوة إضافية عن طريق تعديل المحفّز لإيجاد الأجزاء الحاسمة للتعبير المناسب للجين وهو مربوط ببروتينات عامل النسخ؛ هذه العملية تعرف أيضا بسحق المحفز.

تطبيقات صناعية:

من الممكن اختراع مصنع بيولوجي يمكنه إنتاج بروتينات وإنزيمات عن طريق هندسة الجينات إلى بلازميدات بكتيرية، بعض الجينات لا تعمل جيداً في البكتيريا ولذا يمكن استخدام الخميرة حقيقة النواة.. تم استغلال مصانع البكتيريا والخميرة لإنتاج الدوائيات مثل الأنسولين وهرمون النمو البشري واللقاحات والملاحق مثل تريبتوفان والمساعدة في إنتاج الطعام (الكيموسين في إنتاج الجبن) والوقود، تم اختبار تطبيقات أخرى تستلزم بكتيريا مهندسة جينية تتطلب إجبار البكتيريا على أداء مهام خارج دائرتها الطبيعية المعروفة مثل تنظيف انسكاب الزيت وباقي النفايات السامة ونفايات الكربون[1].

الزراعة:

صناعة الطعام المعدّل وراثياً هي واحدة من أكثر التطبيقات المعروفة جيداً والمثيرة للجدل في الهندسة الوراثية وتوجد ثلاثة أنواع من المحاصيل المعدلة جينيا[2] تم تسويق محاصيل الجيل الأول ومعظمها يمنح الحماية من الحشرات و/أو المقاومة من مبيدات الأعشاب، هناك محاصيل مقاومة للفيروسات والفطرية تتطور أثناء النمو ويتم تطويرها لصنع الحشرات وجعل غربلة إدارة المحاصيل أسهل ويمكنها أيضاً زيادة إنتاجية المحصول بشكل غير مباشر.

يهدف الجيل المطور الثاني من المحاصيل المعدلة وراثياً إلى تحسين الإنتاجية مباشرة عن طريق تحسين سماحية الملح والبرد أو سماحية الجفاف وإلى زيادة القيمة التغذوية للمحاصيل، يتكون الجيل الثالث من المحاصيل الدوائية، والمحاصيل التي تحوي لقاحات صالحة للأكل وغيرها من العقاقير، تم تعديل بعض الحيوانات المهمة

---

(1) Application of Some Genetically Engineered Bacteria وُصِل لهذا المسار في .2011/7/9.

(2) Magaña-Gómez JA، de la Barca AM (2009). "Risk assessment of genetically modified crops for nutrition and health". Nutr. Rev. 67 (1): 1–16. doi:10.1111/j.1753-4887.2008.00130.x. PMID 19146501).

للزراعة جينياً مع هرمونات النمو لزيادة حجمها بينما تمت هندسة الأخرى لتعبير العقاقير والبروتينات في حليبها.

يمكن أن تزيد الهندسة الوراثية للمحاصيل الزراعية معدلات النمو والمقاومة للأمراض المختلفة التي تسببها المسببات المرضية والطفيليات، ويمكن أن يكون هذا مفيداً بسبب احتمالية أن يزيد إنتاج مصادر الطعام باستخدام مصادر أقل ضرورية لاستضافة كثافات العالم المتنامية، يمكن أن تقلل هذه المحاصيل المعدلة من استخدام الكيمياويات مثل الأسمدة والمبيدات وبالتالي ستقلل من خطورة أو تكرار الأضرار الناتجة من التلوث الكيماوي.

أثيرت مخاوف أخلاقية خاصة بالسلامة حول استخدام الطعام المعدل جينياً، يتصل جزء كبير من القلق الخاص بالسلامة بالآثار المترتبة على صحة الإنسان جراء تناول الطعام المعدّل جينياً وخصوصاً عند حدوث ردات فعل سامة أو حساسية، يعتبر انسياب الجينات Gene Flow داخل المحاصيل غير المعدلة وراثياً ذات العلاقة التأثيرات البعيدة عن المرمى على الكائنات النافعة والتأثير على التنوع الحيوي مسائل بيئية مهمة، وتتضمن المخاوف الأخلاقية المسائل الدينية وسيطرة الشركات على مخزون الغذاء وحقوق الملكية الفكرية ومستوى التصنيف ذي الحاجة في المنتجات المعدلة وراثياً.

استخدامات أخرى:

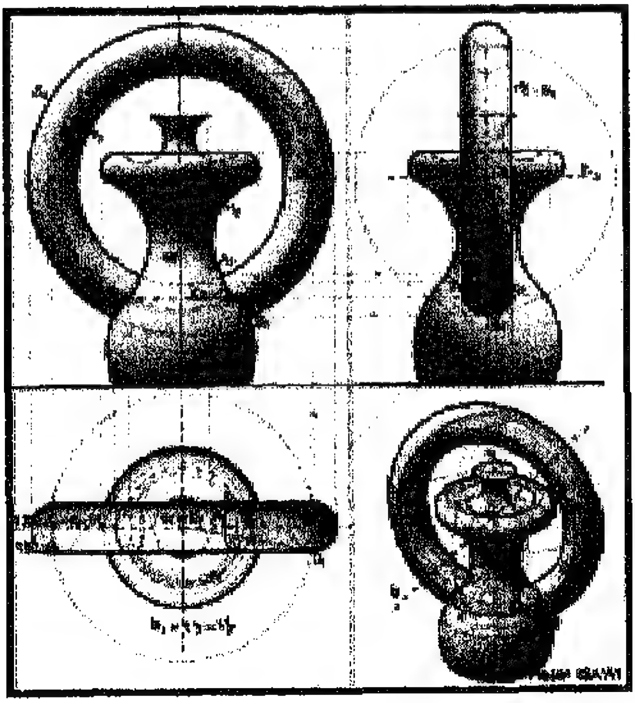
استخدمت الفيروسات المعدلة وراثياً في علوم المواد لبناء بطارية ليثيوم أيون أكثر صداقة للبيئة، بعض البكتيريا تمت هندستها جينياً لإنتاج صور بيضاء وسوداء بينما الأخرى تمتلك احتمالية لاستخدامها كمجسات عن طريق تعبير بروتينات الفلورسنت تحت ظروف بيئية معينة، كما واستخدمت هندسة الوراثة لبناء الفن الحيوي وعناصر الإبداع مثل الورود الزرقاء[1] والأسماك البرّاقة.

(1) Yukihisa Katsumoto et. al (October 9، 2007). "Engineering of the Rose Flavonoid Biosynthetic Pathway Successfully Generated Blue-Hued Flowers Accumulating Delphinidin". Plant and Cell Physiology 48 (11): 1589–1600. doi:10.1093/pcp/pcm131. PMID 17925311).

معارضة ونقد الهندسة الوراثية:

وجدت دراسة لمحصول الكانولا أجريت في عام 2010 أن الجينات المنقولة في 80٪ من الأصناف البرية (غير المزروعة أو الوحشية) موجودة في شمال داكوتا، مما يعني أن 80٪ من النباتات التي ثبتت نفسها في المنطقة كانت أصنافاً معدلة جينياً، أفاد الباحثون أنهم "قد وجدوا أن النباتات عالية الكثافة (التي تحوي جينات منقولة) تتواجد قرب الحقول الزراعية وعبر الطرق السريعة الرئيسية، ولكننا وجدنا أيضا نباتات من وسط لا شيء" مضيفين أن "بمرور الزمن، يمكن أن يجعل بناء أنواع مختلفة من مقاومة مبيدات الأعشاب في محصول الكانولا الوحشي (الطبيعي) والأعشاب الضارة ذات العلاقة مثل خردل الحقل معالجتها أكثر صعوبة باستخدام مبيدات الأعشاب[1].

هندسة وصفية: Descriptive geometry



(1) GM plants 'established in the wild'.
http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-10859264

الهندسة الوصفية هي علم يبحث طرق تمثيل الأجسام الهندسية المختلفة على سطح مستوي مثل سطح ورقة الرسم (أو على شاشة الحاسوب)، وكما يقول نفس مونج (Gaspare Monge): "الغرض الأساسي للهندسة الوصفية هو الإظهار بدقة أشكال ثلاثية الأبعاد بواسطة رسومات ثنائية الأبعاد الخاضعة لتعريفات صارمة"، في تعريف مونج يوجد أيضاً هدف ثاني وهو "استخلاص من الوصف الدقيق للمجسمات كل ما يليها من شكل ومواضع، وبهذا المعنى، الهندسة الوصفية هي وسيلة بحث للحقيقة العلمية وتعطي أمثلة على الانتقال الدائم من المعروف إلى المجهول".

تعتبر فرع من فروع الهندسة البديهية، أي تبحث من خلال طرق الإسقاط المختلفة (مركزية، موازية)، بيان العلاقة الهندسية بين كل من النقاط والخطوط والمستويات والأجسام في الفراغ، بهدف الوصول، من خلال البحث العلمي المستمر، إلى نتائج وإجراءات هندسية تمكّن المهندس:

- من تنمية قدراته التصورية للفراغ المعماري.
- من وصف ذلك الفراغ بشكل دقيق من خلال رسومات ثنائية الأبعاد أو نماذج (geometry modeling) ثلاثية الأبعاد.
- من حل مشاكل القياس الخطية والزاوية.
- من حل المشاكل المظهرية Appearance والتصورية perception للأشكال الهندسية.

ويعتمد علم الهندسة الوصفية، كنقطة انطلاق، على مبادئ الهندسة الإسقاطية بكافة نظرياتها وقواعدها المعروفة.

إن علم الهندسة هو أحد فروع علم الرياضيات الذي يعتني بدراسة الخواص المترية للخطوط والسطوح من أطوال وزوايا ومساحات وحجوم وكذلك الخواص الغير مترية أو الخواص الإسقاطية وهي الخواص التي لا تعتمد على الأطوال والزوايا ولا تتغير بالإسقاط مثل درجة المنحنى والنسبة المضاعفة وغيرهما ويتشعب الجيومتري إلى عدة شعب منها الهندسة الوصفية والهندسة الفراغية والهندسة التحليلية والهندسة

التفاضلية والهندسة الإسقاطية والهندسة الحسابية كما ينتمي علم الطوبولوجي إلى الجيومتري.

وفي كل من الهندسة الفراغية أو التحليلية أو التفاضلية أو الحسابية يتم التعبير عن الخطوط والسطوح وما يتعلق بهما من مسائل بعلاقات ومعادلات رياضية، أما في الهندسة الوصفية فيتم تمثيل هذه الخطوط والسطوح بالطرق البيانية حيث تكون وسيلة التمثيل في هذه الحالة هي طرق الإسقاط المختلفة لذا فان طريقة التمثيل في الهندسة الوصفية تكون برسم مساقط للخطوط والسطوح على أسطح إسقاط أو اسطوانية أو كروية وتبعاً لطريقة الإسقاط ونوع سطح الإسقاط فان هذه المساقط تعبر تعبيراً كاملاً عن طريق هذه المساقط وكذلك تعيين أبعادها في الفراغ، كما أن كثير من المسائل الرياضية المتعلقة بهذه الخطوط والسطوح يكون حلها أحياناً أيسر وأسرع إذا استخدمت الهندسة الوصفية بدلاً من الرياضيات التقليدية ويجانب هذا فان الهندسة الوصفية تساعد على تنمية ملكة التصور والتخيل والتفكير الرياضي المنطقي، ولها استخدامات عمليه كثيرة، فنجد أنها تستخدم في رسم الصور المنظورة والظلال التي تضيف على الرسومات المعمارية طابعاً يجعلها أقرب إلى الطبيعة كما تستخدم في حل بعض مسائل الفلك والميكانيكا وينتفع بنظرياتها في الفوتوجرامتري وعمل الخرائط الجغرافيا والطبوغرافيا اللازمة للمهندس المدني في تخطيط مشاريعه من ترع ومصارف وجسور، .. الخ، كما تستخدم أيضاً في تصميم الآليات الفراغية الميكانيكية وتعيين سرعتها وعجلاتها وتستخدم في الهندسة البحرية وهندسة الطيران في تصميم هياكل السفن والطائرات وتحديد ما يعرف بخطوط المياه وخطوط القطاعات الطولية لجانب السفينة أو الطائرة.

ومع ازدياد استخدام الحاسب الآلي في التصميم الهندسي ازدادت أهمية الهندسة الوصفية وأصبح يعقد لها مؤتمرات عالمية للوقوف على طرق استخدامها على الحاسب الآلي في شتى فروع الهندسة فنجد أنها تستخدم بجانب الهندسة الحسابية في تصميم وتطوير البرامج المعروفة باسم كاد كما تستخدم في تصميم برامج

الحاسب الآلي التي تحلل حركة نقطة في الفراغ وسط مجموعة من العوائق حيث يدخل هذا التحليل في تصميم الإنسان الآلي المستخدم حالياً في معظم مصانع السيارات.

ويرجع الفضل في وضع أساس ونظريات علم الهندسة الوصفية إلى العالم الرياضي الفرنسي غاسبار مونج (1764- 1818) الذي جمع الأسس والنظريات في كتابه المشهور الذي نشر سنه 1779 وهو بعنوان Essais sur les Geometrie Descriptine (اختبارات على الهندسة الوصفية).

تخصصات الرسم:

الرسم هو الوسيلة التي يستخدمها المهندس لتكوين وتواصل المشروع المعماري، ليس الرسم الناتج من بديهية وخبرة فنان ماهر، لأن المهندس المعماري لا يهتم فقط بجماليات المبنى، بل أيضاً بالتحقق من الشكل والمقاس والمواصفات التقنية، وبصفات أخرى كثيرة، والتي يمكن تلخيصها بالمصطلح التحكم المتري والإدراكي، على وجه الخصوص، من خلال استخدام الهندسة الوصفية، المهندس يمارس كيفية إنشاء النماذج الرسومية للأشكال في الفراغ ثلاثي الأبعاد ويدرس خصائصها الهندسية، لتنفيذ رسومات المشروع، المهندس بحاجة أولاً إلى مهارته في الرسم الحر، ولكن يجب أيضاً ترجمة بديهية وتلقائية الرسم الحر إلى مخططات دقيقة، والتي يمكن رسمها بالمسطرة والفرجار وغيرها من أدوات الرسم التقني، من بين هذه الأدوات منذ أواخر الثمانينات تم إدخال الكمبيوتر، والذي يستخدم الآن على نطاق واسع ويسمح ليس فقط بالرسم ثنائي الأبعاد، بل أيضاً بنمذجة مجسمات افتراضية ثلاثية الأبعاد، بدون هذه الأداة لم يكن من الممكن انجاز الكثير من المشاريع المعمارية الجريئة في السنوات الأخيرة، ونستنتج من ذلك أن تدريس الرسم في كلية الهندسة المعمارية، يجب أن يدمج المقررات التالية:

❖ الرسم الحر، الذي لا يزال الوسيلة الأكثر فعالية والأسرع لتسجيل فكرة فراغية ما.

❖ الهندسة الوصفية والتي تدرب على إدراك الفراغ وفهم قواعده وأساليب إظهاره.

❖ وأخيراً الرسم التقني، بما في ذلك الرسم الرقمي.

هذه التخصصات تساهم جميعها في تكوينة الطالب المعماري في السنوات الدراسية الأولى، لإعطائه القدرة على تصميم الفراغ المعماري في السنوات اللاحقة.

أساليب الهندسة الوصفية:

أساليب الهندسة الوصفية (من منظور، الإسقاط المزدوج العمودي Monge method والإسقاط الاكسونومتري axonometry تقوم أساساً على عمليتين أساسيتين: الإسقاط والتقاطع.

أساليب الهندسة الوصفية تصنف، بصفة عامة، وفقاً لطبيعة مركز الإسقاط م. عندما م تكون نقطة نهائية (على مسافة محدودة)، الإسقاط يُسمى، إسقاط مركزي (أو منظور) ويُسمى إسقاط متوازي، عندما م تكون نقطة لانهائية (على مسافة لانهائية).

❖ إسقاط مركزي (أو طريقة المنظور).

- تعديل الصور.
- نظرية الظل من مصدر ضوء على مسافة محدودة.

❖ إسقاط متوازي.

- إسقاط عمودي.
- إسقاط اكسونومتري.
- طريقة مونج (أو الإسقاط المزدوج العمودي).

❖ إسقاط مائل.

- إسقاط اكسونومتري.
- نظرية الظل من مصدر ضوء على مسافة غير محدودة.

تاريخ:

منذ الحضارات القديمة في مصر، قد تجلى من الرسومات الأهليلجية في القبور، الاستخدام الصحيح للإسقاطات المتعامدة، في القرن الأول قبل الميلاد

والقرن الأول بعد الميلاد فيتروفيو Vitruvius ، في كتبه، بعنوان دي اركيتيتورا "De architectura" ، استخدمت المساقط الرأسية والعمودية في رسوم المباني والمصانع ولقبت إكونوكرافيا وأورتوكرافيا iconography and orthography ، في وقت لاحق ياكوبو باروتسو Jacopo Barozzi في عمله: "الخمس عناصر للهندسة المعمارية" five orders of architecture استعملت المساقط العمودية التي تشبه طريقة غاسبر مونج Gaspard monge ، خلال الفترة نفسها، البرتو دورير (Alberto Dürer -1528 -1471) عمل رسوم وإجراءات تتعلق بالمخروطيات، كأقسام للمخروط وعمق أيضاً دراسة المنظور perspective.

في 1600 العلماء غوارينو غواريني Guarino Guarini وجيرارد ديساركس Girard Desargues قد وضعوا أسس "الهندسة الوصفية" كما سميت من قبل الباحث الفرنسي غاسبار مونج (Gaspard Monge 1746- 1818)، في 1700 نشر كتاب "الهندسة الوصفية" التي تطرح فيها القواعد الأساسية لهذا العلم الجديد، القواعد التي تهدف، قبل كل شيء، أن تمثل على نفس المستوى الأشياء ثلاثية الإبعاد، في الوقت الحاضر الهندسة الوصفية تشمل الهندسة الاسقاطية (Geometry Projective)، التي أهم نتائجها دُرست من قبل العالم جان فيكتور بونسيليت (Jean Victor Poncelet 1788-1867) تلميذ غاسبار مونج، الهندسة الإسقاطية عرضت مفهوم هندسي جديد تتعلق بالهيئة اللانهائية (النقطة اللانهائية، الخط اللانهائي والمستوى اللانهائي)، هذا يؤدي إلى وجود اختلاف كبير مع القاعدة الخامسة لهندسة إقليدس (325 ق.م- 265 ق.م)، في حين أن النسبة المتبقية من قواعد ارخميدس تبقى صحيحة.

مفاهيم:

بعض المفاهيم الأساسية للهندسة الوصفية هي:

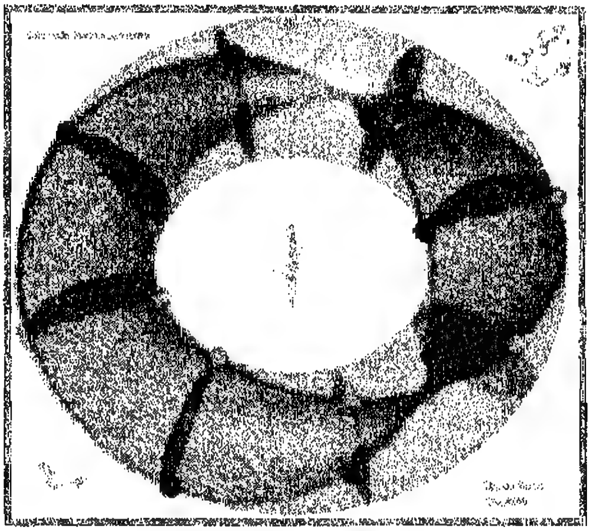
- تعريف الكيانات الهندسية الأساسية (نقطة، خط، مستوى، اتجاه (نقطة لانهائية) وميلان (خط لانهائي)).

- شروط الانتماء: نقطة على خط، خط على سطح ونقطة على سطح.
- حالات التقاطع: بين خطين، بين خط وسطح، وبين سطحين.

شروط التوازي والتعامد (كحالات خاصة للتقاطع).

- شروط التماس وخصوصاً بين المخروطيات وبين الأسطح الدورانية.
- التقابل، التماثل، التماثل المعاكس، التآلف المنظوري، التآلف، التحول، التحول المعاكس والالتفاف.

سطوح:



تأملات:

- في بعض الحالات من المهم الأخذ في الاعتبار النمذجة الرقمية كأداة أساسية لفهم بعض الهندسيات الفراغية التي قد تكون في بعض الأحيان معقدة لدرجة أنها تجعل من المستحيل التحكم بها من خلال الطرق التقليدية، التي تعتمد على الإسقاطات المستوية التي كانت تدرسها تطبيقات الهندسة الوصفية.
- لا يمكننا تقييم كفاءة تدريس الهندسة الوصفية باستخدام الوسائل التقليدية أو الرقمية أن لم يتم متابعة الطلاب لمدة قد تدوم عدة سنوات أو على الأقل حتى مرحلة مقررات التصميم المتقدمة، وفقط عندئذ يمكن أن نعرف أفضلية هذه أو تلك الطريقة في تدريس الهندسة الوصفية وكفاءتها الفعلية في ممارسة تفكير

الطلاب على إدراك مفهوم الفراغ وتحقيقه بعد ذلك في تمثيل حجوم معمارية مثيرة للاهتمام من الناحية الهندسية والوظيفية(1).

هندسة وقائية : Engineering and preventive

الهندسة الوقائية (أو هندسة الأمان) هي من العلوم التطبيقية المتعلقة بشكل قوي بهندسة الأنظمة وبالتالي بهندسة نظام الأمان، تضمن الهندسة الوقائية أن يسلك نظام الأمان الحديّ كما هو مطلوب منه حتى في حالة إخفاق القطعة.

لمحة عامة:

يأخذ مهندسو الأمان بشكل مثالي تصميماً مبكراً للنظام ويقومون بتحليله لإيجاد نوع الخطأ الممكن حدوثه، ثمّ يقترحون متطلبات الأمان في توصيفات التصميم والتغييرات على الأنظمة الموجودة فعلياً وذلك لجعل النظام أكثر أماناً، في مرحلة مبكرة من التصميم يمكن جعل نظام الأمان- إخفاقاً آمناً لحدٍّ مقبول مع بضعة حسّاسات وبرمجيّة خاصة بقراءة هذه الحسّاسات، يمكن إنشاء أنظمة هامش تسمح الخطأ غالباً باستخدام قطع من التجهيزات أكثر ولكن أصغر وأقل تكلفة.

تقنيّات التحليل:

التقنيّتان الأكثر شيوعاً في نمذجة الخطأ هما أنماط الإخفاق وتحليل الآثار والتحليل الشجري للخطأ، هذه التقنيتان هما فقط طريقان لإيجاد المشكلات وعمل الخطط لمكافحة الإخفاق بنجاح كما في حالة تخمين الخطر الاحتمالي Probabilistic Risk Assessment.

شهادة الأمان:

عادة ما يكون الإخفاق في الأنظمة الموثّقة آمنة مقبولاً إذا كان أقل من حياة واحدة لكل 109 ساعات عمل متواصلة قد تم صرفها للانهيار، معظم المفاعلات

(1) ويكيبيديا، الموسوعة الحرة، (بتصرف).

النووية الغربية والتجهيزات الطبية والطائرات التجارية موثّقة عند هذا المستوى، علاقة الكلفة مع الفقد في الأعمار قد تم اعتبارها ملائمة عند هذا الحد.

احتواء الإخفاق:

من العملي أيضاً التخطيط لإخفاق أنظمة الأمان عبر طرائق الاحتواء والعزل، استخدام صمامات العزل شائع جداً في عزل المضخّات والحازيات وصمامات التحكم التي قد تنهار أو هي بحاجة لصيانة دورية، بالإضافة لهذا، تقريباً كل الحاويات التي تحتوي على النفط أو المواد الكيميائية هي بحاجة لحواجز احتواء معدّة حولها لتحتوي 100٪ من حجم الحاوية في حالة إخفاق كارثي للحاوية، وبشكل مشابه، خطوط الأنابيب الطويلة لها صمامات إغلاق متحكّم بها عن بعد منشأة على الخط نفسه بحيث لا يتم فقد الأنبوب كله في حالة الإخفاق، الهدف من كل أنظمة الاحتواء هذه هو تزويد وسائط الحد من التلف الناتج عن الإخفاق إلى مساحة ضيقة النطاق[1].

هندسة: Engineering

ينص محمد بن أحمد بن يوسف الكاتب الخوارزمي (المتوفى سنة 378هـ-997م) في كتابه مفاتيح العلوم:

"هذه الصناعة تسمى باليونانية: جومطرياً، وهي صناعة المساحة، وأما الهندسة، فكلمة فارسية معربة، وفي الفارسية: إندازة، أي المقادير، قال الخليل: المهندس: الذي يقدر مجاري القنى ومواضعها حيث تحتضر، وهو مشتق من الهندزة، وهي فارسية، فصيرت الزاي سيناً في الإعراب، لأنه ليس بعد الدال زاي في كلام العرب"[2].

"وقال بعضهم: هي إعراب: أنديشه، أي الفكرة، وليس ذلك بصحيح، فإن في بعض كلام الفرس: إندازه با اختر ماري بايد، أي الهندسة يحتاج إليها مع

(1) المصدر السابق.

(2) المعجم الفلسفي، د. جميل صليبا، 1982.

أحكام النجوم، وقد يقع هذا الاسم على تقدير المياه، كما قال الخليل، لأنه نوع من هذه الصناعة وجزء لها".

وفي مراحل التعليم الجامعي تنقسم الهندسة إلى قسمين:

- علوم هندسية: تهتم بالجانب العلمي أكثر من الجانب التطبيقي.
- هندسة تطبيقية: تهتم بالجانب التطبيقي أكثر.

كلمة هندسة ممكن أن تأخذ المعاني التالية:

أ- هندسة تطبيقية (Engineering)

❖ هندسة تطبيقية بجميع فروعها العملية والتقنية:

- هندسة الحاسوب- هندسة ميكاترونيات- هندسة حيوية- هندسة ميكانيكية- هندسة كهربائية- هندسة زراعية- هندسة معمارية- هندسة مدنية- هندسة بيئية- هندسة النقل- هندسة بحرية- هندسة جيوتكنيكية- هندسة كيميائية- هندسة صناعية- هندسة النفط- هندسة الطيران والفضاء- هندسة الصواريخ- هندسة البرمجيات- هندسة النظم- هندسة الشبكات- هندسة الاتصالات- هندسة إلكترونية- الهندسة الطبية الحيوية- هندسة الوراثة- هندسة المعادن والمناجم- هندسة الطاقة- هندسة نووية- هندسة وقائية- هندسة المرور- هندسة المعلومات- هندسة الطرق- هندسة طبية حيوية- هندسة الإنشاءات- هندسة التحكم- هندسة الري- هندسة السيارات- هندسة الجيوماتكس- هندسة جيولوجية- هندسة النسيج- هندسة الزلازل- هندسة الإنتاج- هندسة بالاديو- هندسة الصيانة- هندسة الفضاء- هندسة المحركات- هندسة الوقاية الكهربائية- هندسة عكسية- هندسة دقيقة- هندسة مياه وبيئة- هندسة النسج- هندسة صحية- هندسة بصرية- هندسة غذائية- هندسة هيدروليكية.

ب- هندسة المواد:

- هندسة اجتماعية (أمن)- هندسة كيميائية حيوية.

ج- هندسة رياضية (Geometry):

❖ هندسة رياضية في الرياضيات.

- هندسة مطلقة- هندسة جبرية- هندسة الأعداد- هندسة تحليلية- هندسة ثنائية الإنطاق- هندسة عقدية- هندسة وصفية- هندسة تفاضلية- هندسة إقليدية- هندسة مستوية- هندسة المساحة- هندسة إسقاطية- هندسة وصفية- هندسة حاسوبية- هندسة لا إقليدية- هندسة ريمانية- هندسة كروية- هندسة أفينية- هندسة محدبة- هندسة متقطعة[1].

(1) ويكيبيديا، الموسوعة الحرة، (بتصرف).

حرف الواو

الوقاية من الكوارث الطبيعية : Protection of natural disasters

الكوارث الطبيعية هي دمار كبير يحدث بسبب ظاهرة طبيعية مثل الأعاصير والزلازل والبراكين وغيرها فتسبب خسائر كبيرة في الأرواح والثروات والممتلكات تعجز القدرة البشرية المحدودة عن إيقافها، لكنها قد تفلح أحياناً في تقليل ضررها والتكيف معها، ويختلف حجم الكارثة بحسب حجم الخسائر التي تسببها.

ليست الكارثة الطبيعية كارثة إلا في محيطها، فإذا انفجر بركان في أعماق المحيط لا يكون هناك كارثة إلا على الأحياء البحرية أو على سفينة عابرة، لكن لابد أن يزداد توقع الكوارث لأن النشاط البشري في توسع دائم، وبسبب العيش فوق كوكب نشط، بل إن الكارثة لا تقع إلا عند الوقوف في طريق الظاهرة الطبيعية، وتكون البنية التحتية أضعف من أن تحتوي نتائج تلك الظاهرة.

عندما تقع الكارثة الطبيعية لا يستطيع أحد أن يفعل شيئاً غير حصر الأضرار ومحاولة تقليل الخسائر، أما ما يخص استباق الكارثة فيمكن للعلماء أن يفعلوا أشياء كثيرة، ولاسيما في حالة البراكين والأعاصير والسيول الجارفة، بمعدلات تختلف باختلاف مستويات تطور البلدان والإمكانات المتاحة، لكن العلماء لا يستطيعون القيام بكل شيء حتى في البلدان المتطورة، فالعيش عند حدود البراكين يفترض توقع الأسوأ دائماً، والإقامة في منطقة زلزالية يفترض تنفيذ بنية تحتية مقاومة.

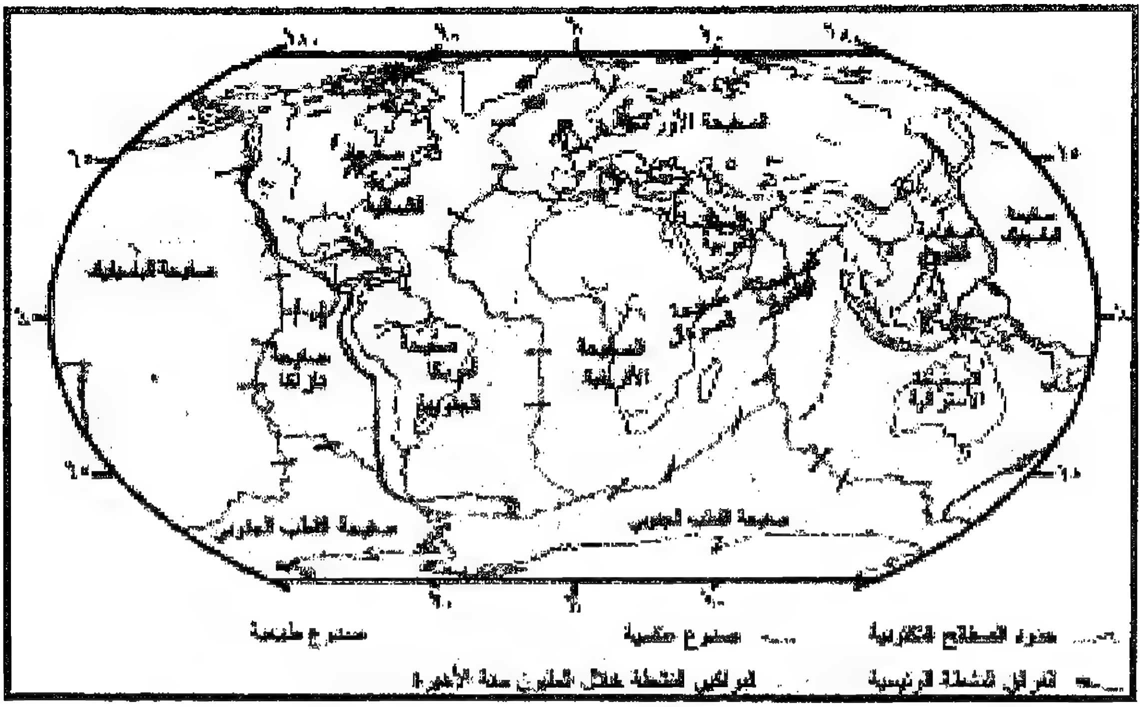
لكن ماذا يستطيع العلم أن يفعل في مواجهة كارثة طبيعية مثل إعصار ميتش الذي عُدّ أسوأ كارثة طبيعية في التاريخ الحديث في أمريكا الوسطى؟ فقد توقعت الأرصاد الجوية هذا الإعصار، وتنبأ العلماء أن يمر بموازاة ساحل هندوراس وأن يتجه شمالاً لكنه ضرب هندوراس وتوقف فيها فأحدث ما يشبه التدمير الشامل، وإضافة إلى عدم دقة التنبؤ هناك قضايا أخرى: ذلك أن كثيراً من الناس يبنون منازلهم في مناطق غير ملائمة للسكن وبطريقة تجعل البيوت مجرد أوراق متطايرة في مهب الإعصار، بل إن شبه انعدام وسائل الاتصالات يجعل الناس يؤخذون على حين غرة.

إن واحدة من الصعوبات الجوهرية بشأن فهم الكوارث الطبيعية وعواقبها هي أن هذا العلم غالباً ما يتناقض مع الحدس، فالناس يصعب عليهم أن يتصوروا الأرض وهي تموج مثل موجات البحر، ناهيك عن إقناعهم بالتحسب لمثل هذا الخطر، وأحياناً يكون النشاط البشري سبباً في تفاقم الكارثة الطبيعية، ويزيد في تفاقم الكارثة أيضاً رداءة إجراءات الإغاثة، ذلك أن الانهيارات الزلزالية والسيول وانفجارات البراكين تطرح تحديات على المنقذين لجهة عدم كفاية التقانة والمعدات.

أدى تحسن تقانات التنبؤ المناخي ونظم الإنذار وراموزات البناء إلى خفض عظيم في عدد الوفيات الناجمة عن الكوارث الطبيعية، إلا أن الخسائر الاقتصادية ازدادت عدة أضعاف، كما أن ارتفاع الخسائر يؤكد أن الناس هم الذين يضعون أنفسهم وأملاكهم في طريق الكوارث الطبيعية[1].

(1) G. BANKOFF, G. FRERKS & D. HILHORST, Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People (2003).

أهم الكوارث الطبيعية:



الشكل (1)

الشكل (2)

❖ الزلازل:

تنتج الهزة الأرضية من تمزق مفاجئ في القشرة الأرضية مع انتقال كبير لجزء منها فيتحرر جزء مهم من طاقة التشوهات الكامنة فيها.

تحدث الزلازل عندما تصل التشوهات والإجهادات في الصخور إلى حد انهيار المواد المكونة لها فتتحرر فجأة الطاقة الكامنة الناتجة من تشوهات الصخور التي تنتشر في طبقات الأرض على شكل أمواج اهتزازية مرنة منبثقة من نقطة التمزق، تسمى هذه الأمواج هزة أرضية أو زلزالاً، وتسمى النقطة الواقعة على سطح الصدع التي بدأ فيها التمزق بؤرة الزلزال focus، وأما النقطة على سطح الأرض الواقعة فوق البؤرة مباشرة فتسمى المركز السطحي للزلزال epicenter.

تحدث معظم الهزات الأرضية نتيجة انزلاقات على طول صدوع جيولوجية موجودة سلفاً ويحدث الانزلاق بسبب حركة الصفائح التكتونية التي تتكون منها القشرة الخارجية للأرض، والمعروف أن القشرة الأرضية تنقسم إلى سبع صفائح كبيرة، ومجموعة من الصفائح الصغيرة (الشكل 1)، تتحرك هذه الصفائح ببطء عائمة فوق الطبقات المائعة والضعيفة التي تشكل البنية الداخلية للأرض، وعندما تتصادم هذه الصفائح أو ينزلق بعضها على بعض عند سطوح التماس تنشأ إجهادات ضاغطة في القشرة الأرضية، تزداد هذه الإجهادات ببطء عبر مئات السنين وعندما تتجاوز طاقة تحمل الصخور تتمزق وتنهار (الشكل 2) فتتحرر التشوهات محدثة الهزة الأرضية، تسمى هذه النظرية نظرية الارتداد المرن elastic rebound theory.

- **الإنذار المبكر عن الزلازل:**

على الرغم من أن الإنذار المبكر ما يزال بعيد المنال إلا أنه تجرى حالياً دراسات وبحوث جادة للتوصل إلى ذلك باستخدام العديد من الأجهزة أهمها ما يأتي:

- جهاز ريختر لإصدار إنذار عند وقوع هزات خفيفة لا يحس بها السكان.
- جهاز قياس المقاومة الكهربائية للطبقات الصخرية العميقة، حيث تضعف ناقليتها للكهرباء قبل حدوث الزلزال بسبب فقدها جزءاً مما تحويه من ماء.
- جهاز قياس كمية غاز الرادون المشع في مياه الآبار والينابيع، إذ تزداد نسبة هذا الغاز فيها قبيل حدوث الزلزال.

- جهاز الكشف عن تغيرات الجاذبية الأرضية بسبب تغير كثافة الصخور الباطنية قبيل حدوث الزلزال.
- جهاز قياس الانزياح الأفقي أو الشاقولي في طبقات الأرض بالاستفادة من المعلومات التي تقدمها الأقمار الصناعية.
- جهاز أشعة الليزر للكشف عن تغير زمن انتقال الترددات الضوئية من نقطة على جانب الصدع إلى نقطة أخرى تقابلها على الجانب الآخر منه.
- جهاز قياس مقدار التغيرات التي تطرأ على الحقل المغناطيسي المحلي للأرض لكشف تلك التغيرات التي تنتج من انضغاط الصخور الواقعة تحت سطح الأرض أو تحطمها(1).

- **الوقاية من الزلازل:**

تحدث الزلازل على نحو مفاجئ وبسرعة خاطفة مما يوقع أضراراً فادحة في زمن قصير ربما لا يتجاوز ثواني أو دقائق معدودات عندما تكون الزلازل عنيفة، وتتعدى أخطار الزلازل إيقاع الخراب والدمار في المنطقة التي تضربها إلى حدوث حرائق هائلة تسبب أحياناً أفدح الخسائر.

وعلى الرغم من المحاولات الجادة التي يقوم بها علماء الزلازل والهندسة الزلزالية للوصول إلى أفضل تصاميم للأبنية والمنشآت تمكنها من امتصاص الضربة الزلزالية وتكون بمأمن من التهدم أو التصدع فإنهم ما يزالون غير قادرين على دفع كل أضرار الزلازل، وإنما تمكنوا من تخفيف تلك الأضرار إلى أدنى حد ممكن، لذا ينصب جهد العلماء على تخفيف الأضرار التي تصيب الناس والمنشآت والممتلكات والمرافق العامة والخاصة.

وعلى ذلك فإن أهم وسائل الوقاية من أخطار الزلازل هو العناية بتصميم الأبنية والأساليب المتبعة في تشييدها، واختيار المواقع المناسبة لها، واستخدام المواد المقاومة في بنائها(2).

(1) B. A. BOLT, Earthquakes (W.H. Freeman and Co., New York 1993).
(2) B. WISNER, P. BLAIKIE, T. CANNON & I. DAVIS, At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters (Wiltshire: Routledge 2004).

❖ التسونامي:

الشكل (3)

أمواج التسونامي هي سلسلة من أمواج البحر العالية والسريعة والقوية تنجم عن الزلازل أو ثورات البراكين أو سقوط الأجرام من الفضاء الخارجي في البحار والمحيطات، يحدث التسونامي غالباً نتيجة انزلاق بين طرفي صدع في قاع المحيط مع انتقال شاقولي لأحد طرفي الصدع بالنسبة إلى الآخر فيندفع الماء وكأنه ضرب بمجداف عملاق، محدثاً أمواجاً قوية على سطح المحيط، تنتشر هذه الأمواج من موقع حدوث الزلزال حتى تصل إلى الشواطئ فتغمرها (الشكل 3) مسافة بضع مئات من الأمتار محدثةً دماراً هائلاً.

- ظواهر حدوث التسونامي:

قبل وصول موجات التسونامي مباشرة يمكن ملاحظة الأمور الآتية:

1) الشعور بهزة أرضية مهما كانت ضئيلة.

2) انطلاق محتمل لبعض الغازات من مياه البحر على شكل فقاعات.

3) قد يشعر الإنسان الموجود في الماء بحرارة الماء التي ترتفع فجأة وعلى نحو محسوس.

4) يُسمع صوت مشابه لصوت الرعد.

5) تنبعث من المياه رائحة كريهة جداً.

6) تتراجع مياه الشاطئ باتجاه العمق تراجعاً كبيراً.

- الإنذار عن التسونامي:

يعد التحري عن التسونامي واكتشاف موجاته عملية بالغة الصعوبة لأن ارتفاع الموجة صغير عندما تتشكل في مياه المحيط العميقة، ويراوح بين 30- 50سم كتموج بسيط على سطح الماء.

وقد أقيم في المحيط الهادئ قرب جزر هاواي مركز للإنذار عن التسونامي يصدر نشرتين للتحذير من خطره:

الأولى: نشرة مراقبة التسونامي تصدر عند حدوث زلزال قدره أكبر من 6.75 على مقياس ريختر.

الثانية: نشرة إنذار من التسونامي تصدر عندما يتبين من المعطيات المجمعة من محطات المد البحري أن تسونامي مدمراً محتمل الحدوث، إلا أن أنظمة الإنذار هذه غير موثوقة مع الأسف لأن أكثر الإنذارات كانت كاذبة.

❖ البراكين:

الشكل (4)

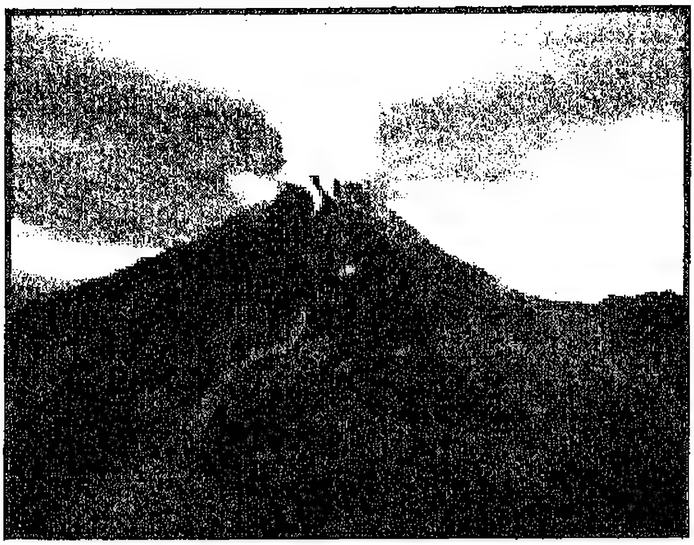
البركان هو مكان تنبعث منه مواد منصهرة حارة مع الأبخرة والغازات المصاحبة لها من باطن الأرض، ويحدث ذلك من خلال فوهات أو شقوق، وتتراكم هذه المواد أو تنساب حسب نوعها على شكل حمم (لابة lava) مختلفة الأشكال منها التلال المخروطية أو الجبال البركانية العالية، ويتكون البركان عموماً من الأجزاء الثلاثة الآتية:

1- جبل مخروطي الشكل: يتكون من ركام صخري أو لابة متصلبة، وهي المواد التي يقذفها البركان من فوهته في حالة منصهرة.
2- فوهة: وهي تجويف مستدير الشكل تقريباً في قمة المخروط، يخرج منها على فترات غازات وكتل صخرية وحمم منصهرة، وقد يكون للبركان أكثر من فوهة ثانوية إلى جانب الفوهة الرئيسية في قمته (الشكل 4).
3- مدخنة أو قصبة: وهي قناة تمتد من قاع البركان حيث المواد المنصهرة في جوف الأرض إلى الفوهة، وتندفع خلالها المواد البركانية، وتعرف أحياناً بعنق البركان، وقد يكون للبركان عدة مداخن تتصل بالفوهات الثانوية.

- **أنواع المواد البركانية:**

يخرج من البراكين في ثورانها حطام صخري صلب ومواد مائعة منصهرة وغازات.

1) الغازات: يخرج من البراكين في أثناء نشاطها بخار الماء، وهو ينبثق بكميات عظيمة مكوناً سحباً هائلةً، ويختلط معه الغبار والغازات الأخرى، وتتكاثف هذه الأبخرة مسببة أمطاراً غزيرةً تتساقط في محيط البركان، ويصاحب الانفجارات وسقوط الأمطار حدوث ومضات كهربائية تنشأ من احتكاك حبيبات الرماد البركاني بعضها ببعض، وإضافة إلى الأبخرة المائية الشديدة الحرارة ينفث البركان غازات متعددة أهمها الهيدروجين والكلورين والكبريت والنتروجين والكربون والأوكسجين.



الشكل (5)

2) الحمم البركانية (اللابة): هي كتل مائعة أو منصهرة تلفظها البراكين، وتبلغ درجة حرارتها بين 1000°م - 1200°م، وتنبثق اللابة من فوهة البركان لتطفح من خلال الشقوق والكسور على جوانب المخروط البركاني، (الشكل 5)، وتتوقف طبيعة اللابة ومظهرها على التركيب الكيمياوي لكتل الصهير الذي تنبعث منه.

3) الحطام الصخري: ينبثق نتيجة الانفجارات البركانية حطام صخري صلب من مختلف الأنواع والأحجام في الفترة الأولى من الثوران البركاني، ويشتق الحطام الصخري من القشرة المتصلبة التي تنتزع من جدران العنق نتيجة اندفاع اللابة والمواد الغازية المنطلقة من الصهير بقوة وعنف، ويتركب الحطام الصخري من مواد تختلف في أحجامها منها الكتل الصخرية، والقذائف والجمرات، والرمل والغبار البركاني[1].

- أنواع البراكين:

1) البراكين النشطة: وهي براكين دائمة الثوران، أو تُحدث علامات تدل على أنها نشطة مثل انبعاث الغازات منها.

(1) D. ALEXANDER, Principles of Emergency Planning and Management. (Harpended: Terra Publishing 2002).

2) البراكين الساكنة: وهي التي لا يظهر عليها علامات النشاط إلا أنها من الممكن أن تنشط وتقذف حممها في أي لحظة، وهي غالباً ما تكون قد ثارت في زمن ما خلال السنوات الألف الأخيرة.

3) البراكين الخامدة: وهي التي لم تطلق حمماً منذ أكثر من 10000 عام.

4) البراكين البحرية: حيث تنشط في قيعان المحيطات محدثة حرارة عالية في المياه، ولا تلبث أن تهدأ سريعاً ولكن قد يكون لها أثر في تغيير بعض معالم قاع المحيط.

- **التنبؤ بالبراكين:**

هناك بعض الأحداث والشواهد التي تدل على احتمال ثوران البراكين وهي:

1) حدوث الزلازل التي قد تسبق ثوران البراكين بساعات أو بسنين أحياناً.

2) التغير في صفات الينابيع الحارة والفوهات والبحيرات البركانية وسلوكها.

3) التغير في قوة المجالات المغناطيسية للأرض واتجاهاتها.

4) زيادة الحرارة المنبعثة في المنطقة التي يمكن الاستدلال عليها بالتصوير بالأشعة تحت الحمراء.

5) السلوك المتوتر لدى بعض أنواع الحيوانات.

ومن الدراسات الحديثة في هذا المجال استخدام الأقمار الصناعية حيث يمكن بوساطتها استعمال جهاز قياس الميل tiltmeter الذي يدل على تغير ميل التراكيب الجيولوجية نتيجة اندفاع الصهارة من أسفل إلى أعلى وحدوث تفلطح في المنطقة التي يبدأ تكون المخروط البركاني فيها الذي تخرج منه الحمم.

- **الوقاية من البراكين:**

تظل البراكين على الرغم من انفجارها المدوي المخيف، ومقذوفاتها المدمرة المحرقة، وأبخرتها وغازاتها الخانقة أكثر أماناً من الزلازل، وأقل فتكاً بالإنسان والحيوان لأنها تحدث أمام أعين الناس بهولها وأخطارها، وما على الإنسان الذي يريد أن ينجو منها إلاّ الابتعاد عن مجال أذاها في أثناء ثورتها.

كما أن البراكين لا تفاجئ الناس بثورتها المدمرة من دون سابق إنذار، فجميع البراكين الخامدة أو الهادئة في العالم كانت تنذر من حولها بأنها في طريقها إلى الانفجار بعد أيام أو أسابيع، قبل أن تضرب ضربتها، فعندما يبدأ البركان بالثوران وتبدأ الصّهارة magma والصخور تتحرك تحته تحدث مؤشرات تحذيرية يتم كشفها من قبل الناس الذين يعيشون حوله فيرحلوا عن الجبل بأسرع وقت ممكن.

❖ **الانزلاقات الأرضية:**

الشكل (6)

الانزلاقات الأرضية landslides هي إحدى المشكلات البيئية التي تهدد العالم، وتحدث عادةً على المنحدرات عندما تتوافر العوامل المسببة لها (الشكل 6)، وقد يحدث الانهيار فجائياً أو على مراحل أو على فترات متباعدة، ويمكن إيجاز بعض الأسباب الأساسية التي تؤدي إلى حدوث الانهيارات الأرضية:

1- التراكيب الجيولوجية (الصدوع والفواصل والشقوق): تتأثر مناطق الانزلاقات الأرضية غالباً بصخورها النارية والمتحولة والرسوبية وبالصدوع والشقوق والفواصل التي ترافق تكوينها، إضافة إلى الحركات التكتونية القديمة التي تجعلها غير مستقرة جيولوجياً وتجعلها شديدة الانحدار، مما يسهل عملية التعرية

الطبيعية التي تسبب حدوث الانهيار وتساقط الكتل الصخرية، كما أن وجود بعض الطبقات الطينية التي تتوضع عليها الكتل الصخرية المعرضة للسقوط تساعد على حدوث الانهيارات الصخرية لأن لهذه الطبقات قابلية شديدة لامتصاص المياه والانتفاخ والتشقق بعد فقدان المياه، فتكون محفّزة لحدوث الانهيارات وتساقط الكتل الصخرية.

2- الميل والانحدار: تمتاز معظم مناطق الانهيارت والانزلاقات الأرضية بانحدارات شديدة تؤدي إلى عدم استقرار الكتل الصخرية والتربة المتوضعة عليها، وكلما زاد الميل اختل الثبات والاستقرار وبدأ الانهيار بالحركة نحو الأسفل، أو تبقى الكتل الصخرية في وضع استقرار حرج فتصبح هذه المناطق عرضة لزحف التربة في أي لحظة نحو الأسفل تحت تأثير الجاذبية الأرضية.

3- عوامل التعرية والتجوية: تؤدي عوامل التعرية القديمة والحديثة في مناطق الانزلاقات إلى تهشم بعض أجزاء الصخور وتفتتها وتحللها وتحولها من ثمّ إلى مواد ناعمة على امتداد واسع، وقد يصل سمك هذه الطبقات إلى بضعة أمتار، فتؤدي هذه الطبقات دوراً أساسياً في عملية الانزلاقات الأرضية خاصة عندما تكون مشبعة بالماء.

4- تأثير مياه الأمطار والينابيع: تعد الأمطار أحد الأسباب الرئيسة التي تؤدي إلى الانهيارات والانزلاقات الأرضية، فعندما تتشبع الصخور بمياه الأمطار أو العيون والينابيع تضعف قوى التماسك والاحتكاك بين أسطح تلامس الكتل الصخرية، والأكثر من ذلك تعمل المياه على غسيل المواد الرابطة للصخور وإذابتها فتتكون مادة غروية تسهل عملية انزلاق الصخور والتربة التي تعلوها.

5- الزلازل: تولد الهزات الأرضية أمواجاً طولية وأمواجاً عرضية تولد قوى تزعزع استقرار الصخور على المنحدرات مما يؤدي إلى انزلاقها.

6- الأشجار والحشائش: إن وجود بعض الأشجار والحشائش ذوات الجذور الكبيرة في مناطق الانزلاق الأرضي يؤدي دوراً كبيراً في عملية الانزلاق، حيث تنمو الجذور داخل شقوق الصخور والفجوات الموجودة في المنطقة فتزيد من

توسعها وتفتتها كما إنها تساعد على تسرب المياه عميقاً مما يؤدي إلى تفتت الصخور وتحولها إلى حطام مع مرور الزمن.

7- الأعمال البشرية: تؤدي عمليات الحفر في الأطراف السفلية للمنحدرات باستخدام المتفجرات بهدف استخراج الصخور والتربة لأغراض البناء ورصف الطرقات إلى عدم استقرار الصخور في تلك المناطق حيث إن جزءاً كبيراً من الكتل الصخرية التي تتم إزالتها كانت تعمل جدراناً ساندة للركام الصخري والتربة أعلاها، إضافة إلى توسع الشقوق القديمة وتكون شقوق جديدة في اتجاهات مختلفة.

الوقاية من الانزلاقات الأرضية:

يمكن تحسين الوقاية من مخاطر الانزلاقات الأرضية بإتباع الإجراءات الآتية:

1- نشر الوعي البيئي في أوساط المجتمع، والتحذير من مخاطر الانهيارات الأرضية والبناء العشوائي، والتعريف بأهمية الرجوع إلى جهات الاختصاص لتفادي أي أضرار وخسائر مادية وبشرية، مما يؤدي إلى صعوبة مواجهة مثل هذه الكوارث لعدم توافر الإمكانات المناسبة لذلك.

2- الرجوع إلى الجهات الاختصاصية عند تنفيذ المشروعات الإنشائية لإجراء الدراسات "الجيولوجية والتكتونية" والزلزالية، إضافة إلى دراسة "ميكانيك" التربة والصخور في المواقع المنحدرة المراد استخدامها.

3- تصميم قنوات تصريف لمياه الأمطار وتنفيذها لمنعها من التغلغل في التربة والوصول إلى الكتل الصخرية القابلة للسقوط، ومنع تشبع الطبقات الناعمة بالمياه.

4- تفتيت الكتل الصخرية المعلقة وتكسيرها لأنها تهدد المباني المقاومة على سفوح المنحدرات بطرق فنية مع تجنب إحداث أي أضرار في المناطق المزدحمة بالسكان، وكذلك إقامة جدران استنادية وحواجز بيتونية تمنع تساقط

الكتل الصخرية، وملء الشقوق والفواصل بالمواد الإسمنتية من أجل منع وصول مياه الأمطار وتخللها فيها.

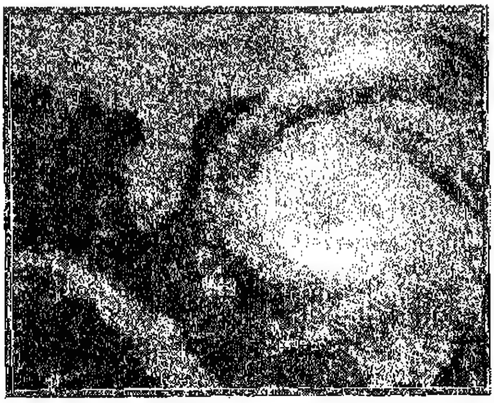
5- عدم الاقتراب من أماكن تساقط الكتل الصخرية خاصة في أثناء سقوط الأمطار لأن بعض مجاري مياه الأمطار القادمة من قمم الجبال تمر عبر مناطق الانهيار فتعمل على تعرية المواد الساندة لهذه الصخور وجرفها.

6- المراقبة المستمرة للشقوق والفواصل الموجودة في مناطق المنحدرات وخاصة في موسم الأمطار لمعرفة مدى اتساعها وظهور شقوق جديدة.

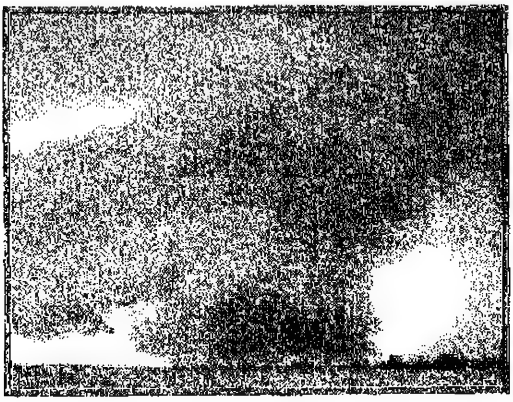
7- إعداد خرائط جيوبيئية يحدد عليها المواقع المحتملة للانزلاقات الأرضية ودرجة خطورتها من أجل الاستفادة منها مستقبلاً.

❖ الأعاصير:

الأعاصير عواصف هوائية دوّارة حلزونية عنيفة ودوامات، تنشأ عادة فوق البحار الاستوائية، وتعرف باسم الأعاصير الاستوائية أو المدارية أو الأعاصير الحلزونية cyclones (الشكل 7) لأن الهواء البارد (المرتفع الضغط) يدور فيها حول مركز ساكن من الهواء الدافئ (منخفض الضغط)، فتتولد عاصفة تندفع في اتجاه اليابسة وتفقد سرعتها تدريجياً بالاحتكاك مع سطح الأرض، ولكنها تظل تتحرك بسرعات قد تتجاوز 300 كيلو متر في الساعة.



الشكل (7)



الشكل (8)

ويصل قطر الدوامة الواحدة إلى 500 كيلو متر، وقد تستمر من عدة أيام إلى أسبوعين متتاليين، يتحرك الإعصار في خطوط مستقيمة أو منحنية فيسبب دماراً

هائلاً على اليابسة بسبب سرعته الكبيرة الخاطفة، وتصاحبه الأمطار الغزيرة والفيضانات والسيول، كما قد يتسبب الإعصار في ارتفاع أمواج البحر.

- كيف تحدث الأعاصير:

عندما يسخن الماء في البحار الاستوائية إلى درجة حرارة تراوح بين 27- 30 °م فإنه يعمل على تسخين طبقة الهواء الملاصقة له، فيخف ضغط الهواء ويتمدد ويرتفع إلى الأعلى، ويكوّن منطقة ضغط منخفض تنجذب إليها الرياح من مناطق الضغط المرتفع المحيطة، فتهب عليها من كل اتجاه مما يؤدي إلى تبخر الماء بكثرة وارتفاع البخار الخفيف إلى الأعلى وسط الهواء البارد (الشكل 8).

- الوقاية من الأعاصير:

يجب اتخاذ الإجراءات الآتية:

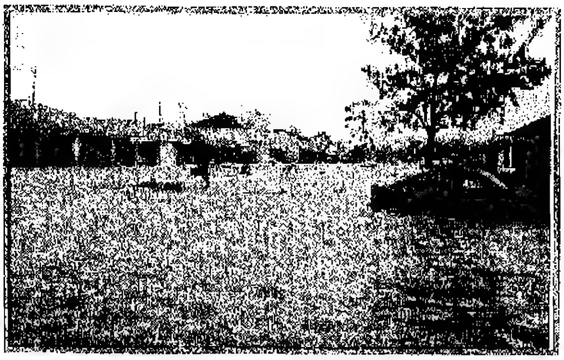
1- العناية بالأحزمة الخضراء وعدم قطع الغابات التي تعرقل سير الإعصار وتقلل من سرعته وخاصةً في المناطق الأكثر عرضة للأعاصير.

2- أخذ الحيطة والحذر باستخدام أجهزة الإنذار المبكر والاهتمام بالمحطات المناخية بأنواعها بغية التنبؤ بحدوث الأعاصير.

3- الاستعداد الكامل لمساعدة المتضررين بعد حدوث الكارثة وإخبار سكان المناطق القريبة بنتائج التنبؤات الجوية.

4- التعاون المستمر بين الدول الأكثر تقدماً في مجال الأرصاد الجوية من أجل الحصول على البيانات الدقيقة التي تساعد على التنبؤ بالأعاصير أو نتوقع حدوثها.

❖ الفيضانات:


الشكل (9)

الشكل (10)

تحدث الفيضانات نتيجة زيادة مستوى المياه في الأنهار ومجاري المياه والأودية (الشكل 9)، والعلاقة بين سرعة جريان المياه من المنبع إلى مجرى النهر وبين كمية الفيضان علاقة طردية حيث إنه كلما زادت سرعة جريان المياه ازدادت كمية الفيضان، والعكس صحيح.

تؤثر الفيضانات في جميع مناحي الحياة الاجتماعية والزراعية والصناعية، فالمدينة التي يلحق بها فيضان لا تعود إلى حالتها الأولى إلا بعد مضي زمن طويل (الشكل 10).

تسبب الفيضانات خسائر بشرية كبيرة نتيجة الغرق أو الصعق بالتيار الكهربائي أو بسبب الأوبئة والأمراض التي تنتشر نتيجة تلوث المياه وتحولها إلى مياه غير صالحة للشرب، كذلك تتسبب الفيضانات في حدوث مجاعات نتيجة غرق المحاصيل الزراعية وإبادتها، كما تصاب المرافق الصناعية بأضرار جسيمة بسبب الدمار الذي يلحق بالمصانع والمواد الأولية مما يسبب بدوره تدهور المستوى المعيشي.

أسباب حدوث الفيضانات:

1- ذوبان الثلوج وانصباب مياهها في الأنهار والأودية.
2- العواصف الشديدة والأعاصير المصحوبة بأمطار غزيرة.
3- إزالة مساحات واسعة من الغابات عند منابع الأنهار وعلى مجاريها، لأن الأشجار تستهلك كميات كبيرة من المياه، واقتلاعها يسبب تفكك التربة

وانجرافها إلى مجرى النهر، وبذلك يتم إزالة بعض العوائق التي كانت تسهم في التخفيف من سرعة تدفق النهر أو السيل.

4- حدوث هزات أرضية في قيعان البحار (موجات تسونامي).

5- انهيار السدود التي تختزن كميات كبيرة من المياه.

6- حدوث تغيير في ضغط المياه أسفل المحيطات.

7- ارتفاع درجات الحرارة مما يسبب ذوبان الثلوج في المناطق الباردة.

الوقاية من الفيضانات:

يمكن لخبراء الأرصاد الجوية التنبؤ بالفيضانات بمساعدة الأقمار الصناعية التي ترسل صوراً للأنهار تبين عمق المياه ومستواها، وبذلك يتمكن خبراء الطقس من توقع فيضاناتها، وفي كل الأحوال يجب اتخاذ الإجراءات الآتية:

1- أخذ الحيطة والحذر باستخدام أجهزة الإنذار المبكر ثم الاستعداد الكامل لمساعدة المتضررين بعد حدوث الكارثة، وإخبار سكان المناطق القريبة من مواقع الفيضانات بنتائج التنبؤات الجوية.

2- العناية بالأحزمة الخضراء وعدم قطع الغابات، والتقيد بالمعايير التخطيطية لتجنب المناطق المنخفضة والسهول ذات المراوح الفيضية عند بناء منشآت فيها.

3- توعية المواطنين بأخطار الفيضانات وما ينجم عنها من نتائج مدمرة مادياً ومعنوياً.

4- الاهتمام بالمحطات المناخية بأنواعها والخاصة بالرصد الجوي بغية توفير معلومات مناخية ومائية (هيدرولوجية) التي تتنبأ عن حدوث الفيضان من عدمه.

❖ حرائق الغابات الطبيعية:

وهي حرائق لا يمكن السيطرة عليها أو احتواؤها بسهولة؛ فتتحول غابة خضراء مزدهرة في غضون ساعات إلى أكوام من الرماد مسببة خسائر هائلة

بالأخشاب والنباتات والحيوانات، لذلك تصنف هذه الحرائق من الكوارث البيئية الخطيرة.

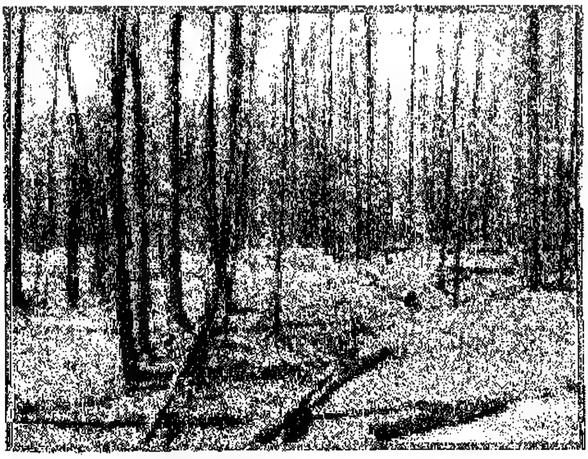
هناك عاملان أساسيان لنشوب مثل هذه الحرائق: عوامل طبيعية لا دخل للإنسان فيها، وعوامل بشرية يكون الإنسان سببها.

ومن المخاطر التي تنشأ من حرائق الغابات انبعاث غاز أول أكسيد الكربون السام الذي يمتد إلى المناطق المجاورة، ولا يقف عند حدود دولة بعينها، ويتسبب في أضرار كثيرة بالبيئة المحيطة من أهمها الأمطار الحامضية.

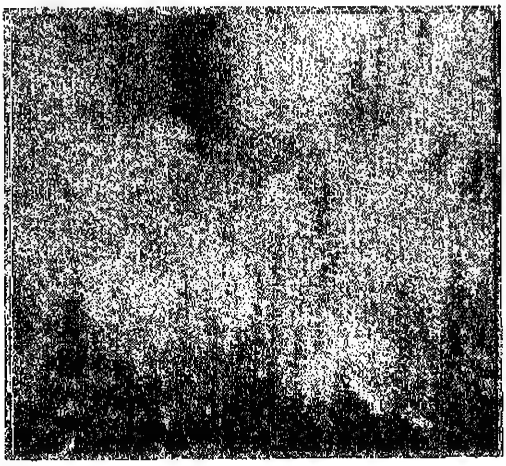
وعلى الرغم من الأهمية الكبيرة للغابات فهي تتعرض للأذى والانتهاك إلى درجة كبيرة، وقد أوضحت الإحصائيات أن الغابات تعرضت للتدهور الشديد في الفترة بين 1990- 1995 إذ بلغت المساحات المفقودة من الغابات إبان تلك الفترة 112600كم^2.

ومن أشهر حرائق الغابات تلك التي نشبت في إندونيسيا في جزيرتي بورنيو وسومطره ما بين عامي 1997 1998، والحرائق التي نشبت في البرازيل عام 1998 وقضت على ما يقارب المليون هكتار من غابات السافانا، والحرائق السنوية في مناطق متعددة من الولايات المتحدة الأمريكية.

أنواع حرائق الغابات:



الشكل (11)



الشكل (12)

هناك تصنيفات متعددة لحرائق الغابات من أهمها تصنيف مبني على كمية المحروقات التي تستهلكها النار وهذا التصنيف كالآتي:

أ- **الحرائق السطحية**: وهي الحرائق التي تحدث على سطح الأرض فقط وتلتهم جزءاً كبيراً من الأجزاء النباتية والمواد العضوية المتراكمة على أرض الغابة وتتسبب في موت الأشجار الصغيرة وإبادة النباتات العشبية، وهي أكثر أنواع حرائق الغابات انتشاراً وعندما يحدث الحريق في الأعشاب والمواد العضوية الموجودة على السطح تكون درجة الحرارة منخفضة نسبياً، وتزداد درجة حرارة الحرائق كلما أوغلت النيران في الطبقات الأعلى من الغابة (الشكل 11)، وكثيراً ما يصل الحريق السطحي إلى تيجان الأشجار فيتحول إلى حريق تاجي.

ب- **الحرائق التاجية**: وهذا النوع من الحرائق أخطر من الحرائق السطحية، إذ يؤدي إلى احتراق سوق الأشجار والأوراق والفروع والأغصان التي تتساقط على أرض الغابة في كثير من الأحيان وتكون درجة الحرارة أعلى منها في الحرائق السطحية، وغالباً ما تترافق مع رياح شديدة، وقد يسبق هذا الحريق التاجي حريق سطحي، لا يمكن السيطرة على هذا النوع من الحرائق إلا بعد أن ينزل إلى الأرض (الشكل 12)، ولسرعة انتشار تلك الحرائق فإنها تكون خطراً على السكان، وفي أحيان كثيرة لا يستطيع رجال الإطفاء التوغل داخل الغابة ناهيك عن احتجازهم أحياناً في بعض الأماكن وسط الحريق.

الوقاية من حرائق الغابات:

- وضع برامج توجيه وإرشاد زراعي حتى تصبح الغابات في ضمير كل إنسان فيصبح حامياً لها.
- إقامة مراكز طوارئ تدار من مركز عمليات واحد لمكافحة الحرائق، ومجهزة بأجهزة وبطائرات إنقاذ ومعدات إطفاء متطورة تتناسب من حيث النوع والكم مع الأخطار المحتملة.

- عدم إقامة الأحياء السكنية ملاصقة للغابات للتقليل من الخسائر المادية والبشرية.
- إقامة فواصل مناسبة بين صفوف الأشجار للتقليل من الخسائر الناتجة من الحرائق وتسهيل عملية التنقل والإطفاء[1].

(1) الموسوعة العربية، محمد أحمد السمارة، المجلد الثاني والعشرين، ص295، (بتصرف).

المصادر والمراجع

أ- المصادر العربية:

- عفيف بهنسي، خطاب الأصالة في الفن والعمارة، دار الشرق، دمشق، 2004.
- محمد سليمان تادفي، خزانات المياه العالية والأرضية، دار الغدير، حماة، 1992.
- مجموعة من الباحثين، أساسيات الصناعة البتروكيماوية، دار الثقافة العربية، الشارقة، 2001.
- مازن البندك، قصة النفط، مطبعة الكتب العلمية العربية، الرياض، 2004.
- سليمان سيدا، الجدران الاستنادية والخزانات البيتونية المسلحة، دار المعرفة، دمشق، 1988.
- أمجد خباز، دراسات خزانات المياه الأسطوانية العالية تحت تأثير الأحمال الزلزالية، دمشق، 2002.
- خليفة درادكة، هيدرولوجية المياه الجوفية، مشروع المساعدات الفنيّة للقطاع الخاص (بترا) ونقابة المهندسين الأردنيين، 1996.
- مضر أحمد حسن، دراسات في إنشاء الخزانات النفطية وفق الستاندرات العالمية، دمشق، 2002.
- ماجد داوود، السدود الترابية المرصوصة، نقابة المهندسين السوريين، دمشق، 1983.
- أحمد الخطيب، معجم المصطلحات العلمية والفنية والهندسية، مكتبة لبنان، بيروت، 1982.
- علي رأفت، فن العمارة والخرسانة المسلحة، مؤسسة الحلبي وشركاه للنشر والتوزيع، القاهرة، 1970.
- ماجد داوود، السدود الترابية والركامية، نقابة المهندسين السوريين، دمشق، 1996.
- لورنزو لوميتو، الإسلام في صقلية، بستان بين حضارتين، ترجمة ساندي هلال، (روما، د.ت).
- وائل معلا، الجريان غير المستقر في الأنابيب، منشورات جامعة دمشق، 1992.
- وائل معلا، أمجد زينو، مبادئ الهيدروليك الهندسي، منشورات جامعة دمشق، 2005.
- وائل معلا، أسس التصميم الفني والاقتصادي لشبكات الري المضغوطة، وزارة الري، 1996.
- محمد علي فرج، الهندسة الصحية، منشأة المعارف، الإسكندرية 1977.
- أحمد معلا، أمجد زينو، قتيبة السعدي، الجريان ذو السطح الحر منشورات جامعة دمشق، 2002.
- إيمهوف، الوجيز في الصرف الصحي في المدن، ترجمة غسان حداد وجورج زهر، المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر، 2001.
- أحمد فيصل أصفري، تصميم محطات معالجة مياه المجاري، سلسلة علوم البيئة، الشركة العربية لمعالجة المياه، 1991.

- ريتشارد سبلي، أساسيات جيولوجية البترول، ترجمة: فاضل السعدوني، جامعة اليرموك، الأردن، 1994.
- نجدة خماش، دراسات في الآثار الإسلامية، منشورات جامعة دمشق، مطبعة رياض، دمشق، 1982.
- حسن فتحي، العمارة الحضرية بالشرق الأوسط، جامعة بيروت العربية، بيروت، 1971.
- جورج مارسيه، الفن الإسلامي، ترجمة د. عفيف بهنسي، منشورات وزارة الثقافة، دمشق، 1968.
- عبد الكريم الحلبي، الطرق 1 (جامعة حلب، سورية 1989).
- مروان عاصي، الطرق 2 (جامعة حلب، سورية 1991).
- رياض بلدية، المنشآت المائية، جامعة فروتسواف، فروتسواف، بولندا 1992.
- محمود عبد العزيز- إبراهيم خليل، العلاقات المائية ونظم الري، منشأة المعارف، الإسكندرية، 1998.
- بهاء الدين أبو لبن، أسس تصميم وتنفيذ الأبنية الصوتية الداخلية والخارجية، دار الحافظ، دمشق، 1998.
- محمد برهان عطائي، الجيولوجيا الهندسية، دار المستقبل للطباعة، دمشق، 1987.
- نزيه كواكبي، تاريخ العمارة: عمارة فجر المسيحية والبيزنطية، المطبعة التعاونية، دمشق، 1981- 1982.
- عفيف بهنسي، الفن الإسلامي، دار طلاس، دمشق، 1986.
- جورج مارسيه، الفن الإسلامي، منشورات وزارة الثقافة والسياحة والإرشاد القومي، دمشق، 1968.
- سامح جزماتي، المساحة والجيوديزيا، منشورات جامعة حلب، 1969.
- سامح جزماتي، المساحة (3) (منشورات جامعة حلب 1993).
- سامح جزماتي، الأعمال المساحية في الطرق، منشورات جامعة حلب، 1990.
- سامح جزماتي، المساحة للمهندسين المعماريين، منشورات جامعة حلب، 1994.
- راجح سريع، عارف حمد، هندسة المواصلات، منشورات جامعة دمشق، 2001.
- محمود حسني عبد الرحيم، محمد رشاد الدين مصطفى، محمد نبيل علي شكري المساحة الهندسية، منشأة المعارف، الإسكندرية، 1991.
- أحمد وصفي زكريا، الريف السوري- الجزء الأول والثاني، دمشق 1957.
- محمد سعيد القاسمي، قاموس الصناعات الشامية، دار طلاس، دمشق، 1988.
- بشير زهدي، المتاحف، منشورات وزارة الثقافة السورية، 1988.
- علي عبد الحفيظ حلمي، أسس الري وعملياته، دار جون وايلي وأبنائه، 1984.

- عبد الرحيم بيومي، الخرائط الجيولوجية، الجزء الأول، الخرائط الطبوغرافية، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، تونس، 2000.
- يحيى الخاير، سليمان الشامي، هندسة الطرق، منشورات جامعة دمشق، 1987.
- ميتكالف. ادي، هندسة الصرف الصحي، المعالجة- التخلص- إعادة الاستعمال (مك غروهيل المندمجة، سنغافورة 1991).
- محمد السمارة، تصميم المنشآت الفولاذية، 2003.
- محمد علي فرج، الهندسة الصحية، منشأة المعارف، الإسكندرية 1977.
- شبلي الشامي- هند وهبة، الهندسة البيئية، منشورات جامعة دمشق، 1992.
- عمر كرمو، هند وهبي، الصرف الصحي- 2 (منشورات جامعة دمشق، 1994).
- أحمد عبد الباسط الرجوب، هندسة المياه، المكتبة الوطنية، عمان، الأردن، 1994.
- محمد شفيق صفدي، الثروة المائية في الجمهورية العربية السورية، وزارة الأشغال العامة، دمشق، 1974.
- المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، موسوعة مصادر المياه الأرضية في البلاد العربية، جامعة الدول العربية، تونس، 1972.
- محمد أنور محفوظ، الجيولوجيا الهندسية، جامعة دمشق، 1981.
- محمد علي فرج، الهندسة الصحية، منشأة المعارف، الإسكندرية، 1977.
- أحمد فيصل أصفري، الهندسة الصحية والبلديات، مديرية الكتب والمطبوعات، جامعة حلب، 1978.
- عمر كرمو، الهندسة الصحية- إمداد المدن بالمياه- الصرف الصحي للمخلفات السائلة، مطبعة جامعة دمشق، 1982.
- سلوى الحجار، معالجة مياه الشرب والمياه الصناعية، مديرية الكتب والمطبوعات، جامعة حلب، 1985.
- هاني صويغ، المعجم التقني الحربي المصور (هيئة التدريب في القوات المسلحة، دمشق 1982).
- آ.آ. دور ميدونتوف ورفاقه، المرجع في الهندسة العسكرية، (موسكو 1995)(باللغة الروسية).
- تريفيليان، جيمس، (2005)، "ما هو عمل المهندسين؟"، جامعة أستراليا الغربية، (حلقة دراسية مع الشرائح).
- ما الفرق بين الهندسة الكهربائية والإلكترونية أسئلة وأجوبة، دراسة الهندسة الكهربائية، أسترجع في 4 سبتمبر 2011

- رضوان طحلاوي، "الفكر الصوفي والبيت العربي من خلال رسائل إخوان الصفا" مجلة باسل الأسد للعلوم الهندسية، العدد العاشر، منشورات وزارة التعليم العالي، دار البعث، دمشق، 1989.
- رئيف مهنا وأحمد الحسن، تصاميم معمارية عربية في مواجهة التحديات الإنشائية، المؤتمر العربي السادس للهندسة الإنشائية، دمشق، 1995.
- وائل معلا، دراسة عن الطرق المستخدمة في حساب شبكات الأنابيب بمعونة الحاسب، مجلة جامعة دمشق، المجلد 6، "العدد 21"، 1990.
- وائل معلا، نمذجة انتشار العناصر غير المحافظة في شبكات توزيع مياه الشرب، مجلة جامعة دمشق، المجلد الثامن عشر، "العدد 1" 2002.
- أنور الغيث، تأثير الصوت على الأبنية عمرانياً ومعمارياً، مجلة باسل الأسد للعلوم الهندسية، العدد 15، 2002.
- اتحاد مجالس البحث العلمي العربي، أنماط البناء في الوطن العربي وصناعة الطابوق الطيني، وقائع الندوة التي عقدت في بغداد للفترة 29- 31 أيار 1983 (بغداد 1984).
- موفق دغمان، عمارة الأبنية الطينية في إقليم دمشق: دراسة توثيقية تحليلية، كلية الهندسة المعمارية، دمشق، 1999.
- حسن فتحي، العمارة الإسلامية والتعبير الحضاري الأصيل في المدينة العربية المعاصرة، أبحاث ندوة دمشق- المدينة العربية خصائصها وتراثها الحضاري، (المدينة المنورة، 1981).
- معن حبيب، تاريخ الخرائط، نقابة المهندسين، مجلة هندسة المساحة، العدد 4 لعام 2004.
- معن حبيب، "نظم المعلومات الجغرافية"، نقابة المهندسين، مجلة هندسة المساحة، العدد 4 لعام 2004.
- فوزي العلاف، سوريا ملتقى الحضارات (دمشق، 1988).
- سميح مدلل، المنشآت الرياضية في عهد الرئيس حافظ الأسد (منشورات مكتب الإعلام والتوجيه المركزي في الاتحاد الرياضي العام في سورية).
- "الثروة المائية العربية"، مجلة الإنماء العربي للعلم والتكنولوجيا، بيروت العدد 17- 18 تموز/يوليو 1989.
- الموسوعة العربية، العلوم التطبيقية، الهندسة، الشبكة العالمية للمعلومات (المجلد 1- 22): http://www.arab-ency.com/

- ويكيبيديا، الموسوعة الحرة، الشبكة العالمية للمعلومات http://ar.wikipedia.org (بتصرف)، النصوص متوفرة تحت رخصة المشاع الإبداعي: النسبة- الترخيص بالمثل 3.0.
- موقع الموسوعة المعرفية الشاملة، الشبكة العالمية للمعلومات:
//http://trtmesothelioma.com
- موقع المعرفة، الشبكة العالمية للمعلومات:
http://www.marefa.org/index.php/Logo_link
- نادي الهندسة المدنية. /http://www.civilengclub.com/vb

ب- المصادر الأجنبية:

- G. BANKOFF, G. FRERKS & D. HILHORST, Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People (2003).
- B. WISNER, P. BLAIKIE, T. CANNON & I. DAVIS, At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters (Wiltshire: Routledge 2004).
- D. ALEXANDER, Principles of Emergency Planning and Management. (Harpended: Terra Publishing 2002).
- B. A. BOLT, Earthquakes (W.H. Freeman and Co., New York 1993).
- CHARLES D. COLLINS, Autodrome: The Lost Race Circuits of Europe (Veloce Publishing 2005).
- BRUCE JONES, Formula One Encyclopedia (Carlton Publishing Group 2002.
- ALEXANDER T. WELLS & SETH YOUNG, Airport Planning & Management (McGraw-Hill Professional 2003).
- DAAB, Airport Design (daab 2005).
- S.DJAZMATI, & S. MAKDISSI, Geographic Information Systems (Dar Al-Shark Al-Arabi 2000).
- DANIEL P. RAYMER, Aircraft Design: A Conceptual Approach (American Institute of Aeronautics & Ast; 2006).
- NEIL S. GRIQQ, MARVIN E. CRISWELL, DARRELL G. FONTANE & THOMAS J.SILLER, Civil Eng. In The Twenty First Century: Knowledge and Skills for Design and Management (American Society of Civil Engineers 2001).
- ANDREW CHADWICK & JOHN MORFETT, Hydraulics in Civil and Enviromental Engineering (E & Fn Spon. 1993).
- ROBERT W.FOX & ALAN T. MCDONALD. Introduction to Fluid Mechanics (John Wiley & Sons, INC.1994).

- DALE DE REMER & DONALD W. MCLEAN, Global Navigation for Pilots, Aviation Supplies & Academics, (1999).
- JAMES P. GRAM, Maritime Piloting Workbook: The Essentials of Navigation (2004).
- JAN BORJAX & PAUL CLAFA, Petrol & Gas (Chapman & Hall, London 2000).
- FRANCES, JOSEPH & GIES, Cathedral, Forge, and Waterwheel: Technology and Invention in the Middle Ages (Harper Perennial, New York 1994).
- W. DORSET, Unit 12 Riverside Park (Station Rd, British Hydropower Association 2000).
- TERRY S. REYNOLDS, Medieval Roots of the Industrial Revolution (Scientific American 1984).
- General Standard for Bottled/Packaged Drinking Waters (Other Than Natural Mineral Waters, CODEX 2001).
- Codex Standard for Natural Mineral Waters (CODEX Stan 108-1981, rev. 1-1997).
- C. DAVIES, The Prefabricated Home (Reaction Books, 2005).
- M. ANDERSON, Prefabricated Prototypes (Princeton Arch. 2006).
- ROBERT BOYLL, Management Tools and Systems for the Building Engineer/Maintenance Supervisor (Leo A. Meyer Associates 2002).
- J. SCHAICH & R.BERGERMANN, Light Structures (Bristol, London 2003).
- C. BROTO, Architecture on Sports Facilities (Barcelona 2005).
- GALOTTI & P.VINCENT, The Future Air Navigation System (Fans): Communications Navigation Surveillance Air Traffic Management (Ashgate Publishing; Reprinted Ed 1997).
- GALOTTI&P.VINCENT, The Emerging and Future Air Navigation System: Communication Navigation Surveillance - Air Traffic Management (Ashgate Pub. Ltd; 2006).
- RAY JONES, The Lighthouse Encyclopedia: The Definitive Reference (Globe Pequot 2004).
- SAMUEL WILLARD CROMPTON, MICHAEL J. RHEIN, The Ultimate Book of Lighthouses: History - Legend - Lore - Design - Technology - Romance (Thunder Bay Press 2003).
- D.C Office of International Affairs, A Cheap Coating for Unstable Earth Walls. in Ideas and Methods Exchange (Housing and Home Finance Agency, Washington 1961).

- United Nations Centre for Human Settlement, Earth Construction Technology Manual on Surface Protection (Nairobi 1986).
- HEINRICH KLOTZ & WALTRAUD KRASE" New Museum Buildings in the Federal Republic of Germany (1985).
- JUSTIN HENDERSON" Museum Architecture (1998).
- MICHAEL J.GROSBIE" Museums and Art Galleries (2003).
- A.BANNISTER & S. RAYMOND, Surveying (Pitman, London 1977).
- B.A.BARRY, Construction Measurement (John Wiley & Sons 1988).
- BARRY F. KAVANAGH, Surveying with Construction Applications (Prentice Hall Inc. , New Jersey 2001).
- J.M. RUEGER, Electronic Distance Measurement: An Introduction (Springer-Verlag , New York 1990).
- ANDREW CHADWICK & JOHN MORFETT, Hydraulics in Civil and Enviromental Engineering (E & FN Spon. 1993).
- R. W. FOX & A. T. MCDONALD, Introduction to Fluid Mechanics (John Wiley & Sons" INC.1994).
- BARRY F. KAVANAGH, Surveying with Construction Applications (Prentice Hall Inc., New Jersey 2001).
- BERG J. VANDEN & A. LINDBERG, Measuring Practice on the Building Site (Gaule, Sweden : National Swedish Institute for Building Research, Bulletin 83, 1983).
- PAUL R. WOLF & RUSSEL C. BRINKER, Elementary Surveying (Harper Collins College Publisher , New York 1994).
- R. WALKER, The Measurement of Large Values of Airborne Sound Insulation (BBC Research Dept., Engineering Division 1986).
- E. C. SEWELL, Field Measurements of the Sound Insulation of Heavy Solid Concrete Party Walls (Building Research Establishment 1977).
- RICHARD T. BYNUM JR., Insulation Handbook (McGraw-Hill Professional; 1st edition 2000).
- MARCEL.L.REIMBERT & ANDRE M.REIMBERT, Silos Theory and Practice. (Lavoisier Publishing Inc. USA 1987).
- HALA HAMMADEH, The Effect of Silo Geometry on the Shape of Funnel Flow Pattern and Wall Pressure of Granular Material.(Ph.D.Thesis.1995).
- SARGIS S. SAFARIAN & ERNEST C.HARRIS, Design and Construction of Silos and Bunkers.(Van Nostrand Reinhold Company).
- GARY CHANDLER & KEVIN GRAHAM, Protecting Our Air, Land, and Water. (Twenty-First Century 1996).

- MARY HOFF, & MARY M. RODGERS. Our Endangered Planet: Groundwater (Lerner, 1991).
- REBECCA L. JOHNSON, The Greenhouse Effect: Life on a Warmer Planet (Lerner, 1990-1994).
- P.R.BHAVE, Analysis of Flow in Wa¬ter Distribution Networks (Technomic Publishing Company, Inc 1991).
- W.MUALLA, Water Quality Modeling in Unsteady Flow in Pipe Networks (40th Science Week, Latakia, Syria 2000).
- K.WAKO, Railway Electric Power Feeding System, Railway Technology (Japan-Junen 1998).
- HADI AKEEL, Design and Manufacturing Engineering Handbook (Wiley 1988).
- W.LUZADDER, Fundamentals of Engineering Drawing (Prentice - Hall 1986).
- LAWRENCE H. BERLOW, The Reference Guide to Famous Engineering Landmarks of the World: Bridges, Tunnels, Dams, Roads, and Other Structures. (Oryx 1997).
- DAVID MACAULAY. Building Big. (Houghton 2000).
- LESLIE FIELDING,Turbine Design: The Effect on Axial Flow Turbine Performance of Parameter Variation (American Society of Mechanical Engineers 2000).
- HEINZ P. BLOCH, A Practical Guide to Steam Turbine Technology (McGraw-Hill Professional; 1 edition 1995).
- IEEE Computer Society; ACM (12 December 2004). Computer Engineering 2004: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Engineering. pp. pg. iii. [1]. Retrieved 2006-04-21. "Computer engineering has traditionally been viewed as a combination of both computer science (CS) and electrical engineering (EE)."
- http://www.granddictionnaire.com
- http://www.britannica.com

الفهرس العربي

المحتويات ـــــــ الصفحة

المقدمة 3

حرف الألف ـــــــ 5

الأثاث Furniture 5

الأحمال الحية والميتة Live and dead loads 21

أساسات البناء Foundations 23

الإسمنت الأبيض white cement 36

الإسمنت الأمينتي aminate cement 44

الاسمنت البورتلاندي Portland cement 52

الإسمنت cement 60

الألياف الزجاجية Fiberglass 68

حرف الباء ـــــــ 73

البناء Roofing 73

البناء Structure of the building 83

حرف التاء ـــــــ 97

تخطيط المدن وتنظيمها Town planning 97

تصدع البناء وتدعيمه Cracking and consolidation 97

تكنولوجي Technology 106

حرف الجيم ـــــــ 107

الجدران Walls 107

جر المياه Water supply/ Water conveyance 111
الجرافة المائية Dredger 115
الجسور Bridges 120

حرف الحاء ________ 127
الحجر Stone 127
حفر الآبار Drilling of the well 134
حمل إنشائي Download the installation 143

حرف الخاء ________ 145
الخرسانة Concrete 145
الخزّان Reservoir 155

حرف الراء ________ 161
الرسم الهندسي Engineering Drawing 161

حرف السين ________ 171
السدود Dams 171
السكك الحديدية Railway 185
السلامة البيئية Environmental safety . . . 193

حرف الشين ________ 197
شبكات توزيع المياه Water distribution networks 197

حرف الصاد ________ 205
الصرف الصحي Sewage disposal 205
الصمامات الهيدروليكية Hydraulic tube 215
صوامع الحبوب Silos 221
صيانة المنشآت Establishment maintenance 228

حرف الطاء ______ 229

طابعة ثلاثية الأبعاد Three-dimensional printer 229

الطرق Roads 230

الطيران Flight dynamics 235

حرف العين ______ 247

العزل الصوتي Sound Isolation/ sound insulation . . 247

العزل المائي Water insulation 252

العمارة الإسلامية Islamic architecture 257

عمارة Building 272

العنفة Turbine 274

حرف الغين ______ 285

الغضار Clay 285

حرف الفاء ______ 289

فرجار Compass 289

حرف القاف ______ 291

القبة Dome 291

القناطر Vaults 297

القنوات Channels 304

القياس Standardization techniques 312

قياس الارتفاع Levelling 319

قياس المسافات Distance measurement 324

حرف الكاف ______ 329

كسوة الطريق Road covering. 329

حرف اللام 335
لَبِنُ البناء crude bricks 335

حرف الميم 341
المالطات، الروابط Binders 341
مبنى Premises 344
المتاحف Museums -Engineering 346
محابس المياه Water locks Ecluses 356
المخطط الطبوغرافي Topographic plan 364
المدخنة Chimney stack 374
المدوار Gyroscope 382
المرفأ Port 387
المرور Traffic 396
مساحة Area 408
المسرح Stage lighting 409
مسطرة Ruler 417
المسكن Domicile 418
المسلخ Slaughterhouse 430
مصمم إنشائي Structural Designer 437
مضمار السيارات Autodrome 437
المطار Airport 446
المطرقة المائية Water hammer 456
مقياس تدفق الموائع Flowmeter 463
الملاحة البحرية والنهرية Navigation 471
الملاحة الجوية Air navigation 480
المنارة البحرية Lighthouse 493
المنشآت الرياضية Sport venues 504
المنشآت الفولاذية Steel facilities 517

المنشآت مسبقة الصنع Prefabrication 534
منظومات إدارة المباني Building management systems 541
منظومات المعلومات الجغرافية Geographic information systems / GIS . . 548
منقلة Protractor (tool) 556
مهندس Engineer 557
مواد بناء Building Materials 557
المياه Water treatment 558
المياه الجوفية Underground water 566
المياه المعدنية Mineral water. 577

حرف النون ________________ 583

النبع Spring 583
النفق Tunnel 597
النواعير Water wheels 611

حرف الهاء ________________ 619

هندسة (علم) المواد Engineering (science) Materials 619
هندسة اتصالات Communications Engineering 622
هندسة اجتماعية (أمن) Social engineering (security) 625
هندسة إسقاطية Projective geometry 625
هندسة أفينية Engineering Avanah 626
هندسة أقليدية Euclidean geometry. 626
هندسة الأعداد Engineering numbers 628
هندسة الإلكترونيات Electronics Engineering 628
هندسة الإنتاج Production Engineering 630
هندسة الإنشاءات Structural engineering 631
هندسة البرمجيات Software engineering 632
هندسة التحكم Engineering Control 638
هندسة التشييد والبناء Construction Engineering 648

هندسة جيوتقنية Geotechnical engineering 649
هندسة جيولوجية Geological engineering. 653
هندسة الجيوماتكس Geomatics 659
هندسة الحاسوب Computer Engineering 660
هندسة الري Irrigation Engineering 663
هندسة السيارات Automotive Engineering 665
هندسة صحية Sanitary engineering. 666
هندسة الطاقة Energy engineering 671
هندسة الطرق Road Engineering. 671
هندسة الطيران والفضاء Aeronautical and aerospace engineering . . 672
هندسة عسكرية Military engineering 682
هندسة مدنية Civil engineering 687
هندسة المرور Traffic Engineering 695
هندسة المعلومات Information Engineering 699
هندسة النسج Tissue Engineering 699
هندسة النسيج Textile engineering 700
هندسة نفطية Petroleum Engineering 700
هندسة النقل Transport Engineering 704
هندسة نووية Nuclear engineering 705
هندسة الوقاية الكهربائية Power system protection 711
هندسة أنظمة Systems engineering. 713
هندسة بالاديو Engineering Palladio 714
هندسة بحرية Marine engineering 715
هندسة بصرية Optical Engineering. 716
هندسة بيئية Environmental engineering. 717
هندسة تحليلية Analytical Geometry 720
هندسة تطبيقية Engineering 722
هندسة تعدين Mining Engineering 729

هندسة تفاضلية Differential Geometry 730
هندسة ثنائية الإنطاق Engineering bilateral rationalization 730
هندسة جبرية Algebraic geometry 731
هندسة حيوية Engineering Dynamics 731
هندسة دقيقة Engineering accurate. 732
هندسة رياضية حاسوبية Computational geometry 732
هندسة رياضية متقطعة Geometry intermittent 733
هندسة رياضية Mathematical Engineering 733
هندسة زراعية Agricultural engineering 735
هندسة صناعية Industrial engineering. 736
هندسة طبية حيوية Biomedical Engineering. 744
هندسة عقدية Nodal architecture 748
هندسة عكسية Reverse Engineering. 748
هندسة غذائية Food Engineering 749
هندسة كروية Spherical geometry 751
هندسة كهربائية Electrical engineering 752
هندسة كيميائية حيوية Biochemical Engineering. 759
هندسة كيميائية Chemical Engineering 760
هندسة لاإقليدية Non-Euclidean geometries. 762
هندسة محدبة Convex geometry. 763
هندسة مطلقة Absolute geometry 763
هندسة ميكاترونيات Mechatronics 764
هندسة ميكانيكية Mechanical Engineering 766
هندسة هيدروليكية Hydraulic engineering 769
هندسة وراثية Genetic engineering 772
هندسة وصفية Descriptive geometry 788
هندسة وقائية Engineering and preventive 795
هندسة Engineering 796

حرف الواو ____ 799

الوقاية من الكوارث الطبيعية Protection of natural disasters 799

المصادر والمراجع 819

الفهرس العربي 827

الفهرس الإنجليزي 835

Index

A

Absolute geometry هندسة مطلقة 763
Aeronautical and aerospace engineering هندسة الطيران والفضاء 672
Agricultural engineering هندسة زراعية 735
Air navigation الملاحة الجوية 480
Airport المطار 446
Algebraic geometry هندسة جبرية 731
aminate cement الإسمنت الأميني 44
Analytical Geometry هندسة تحليلية 720
Area مساحة 408
Autodrome مضمار السيارات 437
Automotive Engineering هندسة السيارات 665

B

Binders المالطات، الروابط 341
Biochemical Engineering هندسة كيميائية حيوية 759
Biomedical Engineering هندسة طبية حيوية 744
Bridges الجسور 120
Building عمارة 272
Building management systems منظومات إدارة المباني 541
Building Materials مواد بناء 557

C

Cement الإسمنت 60
Channels القنوات 304

Chemical Engineering هندسة كيميائية........760
Chimney stack المدخنة........374
Civil engineering هندسة مدنية........687
Clay الفخار........285
Communications Engineering هندسة اتصالات........622
Compass فرجار........289
Computational geometry هندسة رياضية حاسوبية........732
Computer Engineering هندسة الحاسوب........660
Concrete الخرسانة........145
Construction Engineering هندسة التشييد والبناء........648
Convex geometry هندسة محدبة........763
Cracking and consolidation تصدع البناء وتدعيمه........97
Crude bricks لَبِنُ البناء........335

D

Dams السدود........171
Descriptive geometry هندسة وصفية........788
Differential Geometry هندسة تفاضلية........730
Distance measurement قياس المسافات........324
Dome القبة........291
Domicile المسكن........418
Download the installation حمل إنشائي........143
Dredger الجرافة المائية........115
Drilling of the well حفر الآبار........134

E

Electrical engineering هندسة كهربائية........752
Electronics Engineering هندسة الإلكترونيات........628
Energy engineering هندسة الطاقة........671
Engineer مهندس........557
Engineering هندسة تطبيقية........722
Engineering هندسة........796
Engineering (science) Materials هندسة (علم) المواد........619
Engineering accurate هندسة دقيقة........732

Engineering and preventive هندسة وقائية 795
Engineering Avanah هندسة أفينية 626
Engineering bilateral rationalization هندسة ثنائية الإنطاق 730
Engineering Control هندسة التحكم 638
Engineering Drawing الرسم الهندسي 161
Engineering Dynamics هندسة حيوية 731
Engineering numbers هندسة الأعداد 628
Engineering Palladio هندسة بالاديو 714
Environmental engineering هندسة بيئية 717
Environmental safety السلامة البيئية 193
Establishment maintenance صيانة المنشآت 228
Euclidean geometry هندسة أقليدية 626

F

Fiberglass الألياف الزجاجية 68
Flight dynamics الطيران 235
Flowmeter مقياس تدفق الموائع 463
Food Engineering هندسة غذائية 749
Foundations أساسات البناء 23
Furniture الأثاث 5

G

Genetic engineering هندسة وراثية 772
Geographic information systems / GIS منظومات المعلومات الجغرافية 548
Geological engineering هندسة جيولوجية 653
Geomatics هندسة الجيوماتكس 659
Geometry intermittent هندسة رياضية متقطعة 733
Geotechnical engineering هندسة جيوتقنية 649
Gyroscope المدوار 382

H

Hydraulic engineering هندسة هيدروليكية 769
Hydraulic tube الصمامات الهيدروليكية 215

I

Industrial engineering هندسة صناعية 736
Information Engineering هندسة المعلومات 699
Irrigation Engineering هندسة الري 663
Islamic architecture العمارة الإسلامية 257

L

Levelling قياس الارتفاع 319
Lighthouse المنارة البحرية 493
Live and dead loads الأحمال الحية والميتة 21

M

Marine engineering هندسة بحرية 715
Mathematical Engineering هندسة رياضية 733
Mechanical Engineering هندسة ميكانيكية 766
Mechatronics هندسة ميكاترونيات 764
Military engineering هندسة عسكرية 682
Mineral water المياه المعدنية 577
Mining Engineering هندسة تعدين 729
Museums -Engineering المتاحف 346

N

Navigation الملاحة البحرية والنهرية 471
Nodal architecture هندسة عقدية 748
Non-Euclidean geometries هندسة لاإقليدية 762
Nuclear engineering هندسة نووية 705

O

Optical Engineering هندسة بصرية 716

P

Petroleum Engineering هندسة نفطية 700
Port المرفأ 387
Portland cement الاسمنت البورتلاندي 52

Power system protection هندسة الوقاية الكهربائية 711
Prefabrication المنشآت مسبقة الصنع 534
Premises مبنى 344
Production Engineering هندسة الإنتاج 630
Projective geometry هندسة إسقاطية 625
Protection of natural disasters الوقاية من الكوارث الطبيعية 799
Protractor (tool) منقلة 556

R

Railway السكك الحديدية 185
Reservoir الخزّان 155
Reverse Engineering هندسة عكسية 748
Road covering كسوة الطريق 329
Road Engineering هندسة الطرق 671
Roads الطرق 230
Roofing البناء 73
Ruler مسطرة 417

S

Sanitary engineering هندسة صحية 666
Sewage disposal الصرف الصحي 205
Silos صوامع الحبوب 221
Slaughterhouse المسلخ 430
Social engineering (security) هندسة اجتماعية (أمن) 625
Software engineering هندسة البرمجيات 632
Sound Isolation/ sound insulation العزل الصوتي 247
Spherical geometry هندسة كروية 751
Sport venues المنشآت الرياضية 504
Spring النبع 583
Stage lighting المسرح 409
Standardization techniques القياس 312
Steel facilities المنشآت الفولاذية 517
Stone الحجر 127
Structural Designer مصمم إنشائي 437

Structural engineering هندسة الإنشاءات 631
Structure of the building البناء 83
Systems engineering هندسة أنظمة 713

T

Technology تكنولوجي 106
Textile engineering هندسة النسيج 700
Three-dimensional printer طابعة ثلاثية الأبعاد 229
Tissue Engineering هندسة النسج 699
Topographic plan المخطط الطبوغرافي 364
Town planning تخطيط المدن وتنظيمها 97
Traffic المرور 396
Traffic Engineering هندسة المرور 695
Transport Engineering هندسة النقل 704
Tunnel النفق 597
Turbine العنفة 274

U

Underground water المياه الجوفية 566

V

Vaults القناطر 297

W

Walls الجدران 107
Water distribution networks شبكات توزيع المياه 197
Water hammer المطرقة المائية 456
Water insulation العزل المائي 252
Water locks Ecluses محابس المياه 356
Water supply/ Water conveyance جر المياه 111
Water treatment المياه 558
Water wheels النواعير 611
white cement الإسمنت الأبيض 36